平成24年4月25日発行（毎月1回25日） 第746号

ISSN 1349−547X

建設の施工企画 4

2012 APRIL No.746

ナ・アワ・プルア地熱発電所 全景
（ニュージーランド北島）

エネルギー・エネルギー施設 特集

- 既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン（案）
- 水素エネルギー新産業の拠点化に向けた福岡の挑戦
- 21世紀のエネルギー，天然ガス
- 高効率・高信頼度の電力供給システムの開発
- 佐久間発電所及び佐久間周波数変換所の概要と構造
- 単機容量世界最大の地熱発電所
- 海洋エネルギー発電の技術開発
- 風力発電の原理・構造と建設
- レンズ風車と洋上浮体式複合エネルギーファーム
- 太陽光発電の現状と今後
- 葛西水再生センター太陽光発電設備
- 都市域バイオマス系廃棄物のエネルギー転換システム

一般社団法人 日本建設機械施工協会
（平成24年4月1日 団体名称を変更致しました）

平成２４年度「建設施工と建設機械シンポジウム」

―― 社会を支える建設施工と建設機械 ――

論文・ポスターセッション発表の募集

１．会　期：2012年（平成24年）11月 7日（水）～11月 8日（木）

２．会　場：機械振興会館（東京都港区芝公園３－５－８）
　　　　　Ｂ２ホール、地下３階研修－１、２号室、Ｂ３－２

３．主　催：一般社団法人　日本建設機械施工協会（旧：社団法人　日本建設機械化協会）

４．後　援：（順不同・予定）
国土交通省、経済産業省、独立行政法人土木研究所、公益社団法人土木学会、公益社団法人地盤工学会、社団法人日本機械土工協会、一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本測量機器工業会、一般社団法人日本建設機械工業会、
（株）建設機械新聞社、（有）建設機械新報社、（有）産業機械新聞社、（株）日刊建設工業新聞社、
（株）日刊建設産業新聞社、（株）日刊建設通信新聞社、（株）日刊工業新聞社、フジサンケイビジネスアイ
※土木学会 継続教育（ＣＰＤ）プログラム認定申請予定

５．主　旨

本協会では、“建設機械と施工法”に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として、「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。

本年度も建設施工と建設機械分野の技術者や研究者相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供すべく、「社会を支える建設施工と建設機械」をテーマにシンポジウムを開催することになりました。このシンポジウムでは、下記の６つのテーマについて広く発表論文の募集を行うとともに、昨年度に引き続き幅広い参画を目的として、ポスターセッションの募集も併せて行います。また、優秀な論文、ポスターに対しては優秀論文賞、優秀ポスター賞として表彰する予定をしています。

本シンポジウムを建設施工と建設機械に関係する技術者の資質向上の場としてはもとより、産官学あるいは異業種間の交流連携の場としてなお一層活用して頂けることを期待しております。

以上の主旨と内容をご理解頂き、関連する各分野からの論文発表会、ポスターセッションに参加頂きますようご案内申し上げます。

６．論文募集内容

論文は、建設施工と建設機械に関する下記の項目のいずれかに該当する内容で応募頂いております。

なお、今回は急ピッチで進められています、復旧・復興に寄与する技術や工法に関する発表も歓迎します。

（１）災害、防災、復旧・復興
（２）ＩＣＴの利活用
（３）品質確保とコスト縮減
（４）環境保全、省エネルギー対策
（５）安全対策
（６）維持・管理・補修

７．論文募集要領

（１）論文発表申込：**「申込書１」**により提出して下さい。
※「申込書１」は、当協会ホームページ(http://www.jcmanet.or.jp/)からダウンロードが出来ます。
（２）論文アブストラクト提出締切日：平成２４年５月３１日（木）（事務局必着厳守）
（３）提出されたアブストラクトを審査の上、採用決定論文については後日、本論文の作成を依頼します。
　　（本論文の提出締切は８月２４日（金）の予定です。）

（４）本論文は、４頁、６頁を標準とするが、２頁も可とする。その構成（目的、方法、結果と考察、結論）、文章及び図表は学術論文に準じて下さい。なお、本文は本論文作成依頼の際に同送いたします当協会『論文執筆要項』に従って頂きます。
（５）論文発表時間：１７分／編（発表：１４分、質疑・応答：３分）

８．ポスターセッション募集内容

ポスターセッションの発表内容は、６．論文募集内容の６項目に準ずるものとし、以下のうち一つに該当するもので応募頂いております。

① より活発な意見交換が望まれる研究成果（研究途上成果を含む）［学生研究発表等］
② 新規開発技術・製品の発表、紹介［ベンチャー企業の技術開発成果等］
③ 既発表であっても有用性の高い（参加者への周知が望ましい）成果［技術審査証明事業等］
④ 最近関心が高まっている特定課題（環境対策、情報化施工、省エネ対策技術）

９．ポスターセッション募集要領

（１）発表申込：**「申込書２」**により提出して下さい。
※「申込書２」は、当協会ホームページ(http://www.jcmanet.or.jp)からダウンロードが出来ます。
（２）**ポスターセッションアブストラクト提出期限：平成２４年５月３１日（木）（事務局必着厳守）**
（３）提出されたアブストラクトを審査の上、採用の可否を決定し通知します。ポスター、必要機器等は発表当日持込みとなります。
（４）ポスターサイズはＡ０版（縦1189×横841㎜）１枚とします。レイアウト上、ポスターの上端から100㎜幅の帯を左端から右端まで通して設け、その範囲内に表題、発表者氏名を記入して下さい。
（５）ポスター前には長机を用意しますので、パンフレット、模型、ノートPC（バッテリー駆動）等による補助的なプレゼンテーションも可とします。（必要機材は発表者側で準備してください）
（６）発表時間：１日目　9:30～17:00（内、コアタイム１時間）
　　　　　　　２日目　9:30～14:00
（７）募集数：20編程度

１０．表彰

（１）論文

審査委員会による論文査読審査・発表状況審査を経て、優秀な論文に対し、優秀論文賞として表彰いたします。

なお、優秀論文は平成２５年度　一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞の候補といたします。

（２）ポスター

実行委員会委員による発表内容の総合的な審査を経て、優秀なポスターに対し、優秀ポスター賞として表彰いたします。

１１．参加費：論文、ポスターセッション発表者は無料で参加頂けます。

１２．注意事項

審査の結果により、発表頂けない場合がありますので予めご了承願います。

また、審査の結果により、発表方法（論文発表、ポスターセッション発表）の変更をお願いすることがありますので予めご了承願います。

さらに、論文の提出時に著作権譲渡書を預託頂き、委員会にて採用が決定した場合は当該譲渡書を提出したものとさせて頂きます。

◆ 問合せ先、送付先
〒105-0011 東京都港区芝公園３－５－８　機械振興会館
一般社団法人　日本建設機械施工協会　シンポジウム実行委員会事務局（担当：河田）
TEL:03-3433-1501　FAX:03-3432-0289

（申込書1）

締切：5月31日（木）（厳守）

平成24年度　建設施工と建設機械シンポジウム 論文発表申込書

<table>
<tr><td>タイトル</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>本論文頁数</td><td>（　）２頁</td><td>（　）４頁</td><td>（　）６頁</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">発表者</td><td>ふりがな</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>氏　名</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>E-mail
アドレス</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>共同研究者</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>（注）共同研究者は2名までとする</td></tr>
<tr><td colspan="3">（官公庁　／　学校　／　会社）名</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>申込者名</td><td colspan="2"></td><td>部署名</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Ｅ－mail
アドレス</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>住　　所</td><td colspan="5">〒</td></tr>
<tr><td></td><td>ＴＥＬ</td><td colspan="2"></td><td>ＦＡＸ</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">論文の要旨（アブストラクト）をご記述ください。（400字程度）</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>テーマ区分（○で囲む）</td><td colspan="5">論文募集内容　（1）　（2）　（3）　（4）　（5）　（6）</td></tr>
</table>

事務局　FAX 03-3432-0289

E-mail：kawata@jcmanet.or.jp（出来る限り電子ファイル、電子メールでの送付をお願いします）

（申込書2）

締切：5月31日(木)(厳守)

平成24年度　建設施工と建設機械シンポジウム
ポスターセッション発表申込書

タイトル			
発表者	ふりがな		
	氏名		
	E-mail アドレス		
共同研究者			(注)共同研究者は2名までとする
（官公庁　／　学校　／　会社）名			

申込者名		部署名	
E－mail アドレス			
住　所	〒		
	ＴＥＬ		ＦＡＸ

ポスターセッションの要旨（アブストラクト）をご記述ください。（400字程度）

テーマ区分1（○で囲む）	論文募集内容との対応　（1）（2）（3）（4）（5）（6）
テーマ区分2（○で囲む）	セッション内容との対応　①　②　③　④

事務局　FAX 03-3432-0289

E-mail：kawata@jcmanet.or.jp　（出来る限り電子ファイル、電子メールでの送付をお願いします）

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★個人会員の特典

○「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設の施工企画」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。
今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

○建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
○建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
○建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
○災害発生時には会員企業とともに災害対処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
○付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
○北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■会員構成
会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動
・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
・建設機械施工技術検定試験の実施。
・機関誌「建設の施工企画」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
・建設機械と施工技術展示会"CONET"の開催。除雪機械展示会の開催。
・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書
・建設の施工企画(月刊誌)
・日本建設機械要覧
・建設機械等損料表
・建設機械図鑑
・建設機械用語集
・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
・建設施工における地球温暖化対策の手引き
・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
etc.

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます !

http://www.jcmanet.or.jp/

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合せ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3−5−8 機械振興会館
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3433-0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係 行
FAX ：（03）3433－0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成　　年　　月　　日

個 人 会 員 入 会 申 込 書

ふりがな		生 年 月 日
氏　名（自 署）		大正 昭和 平成　　年　　月　　日
機関誌の送付先	A. 勤務先　　B. 自宅　　（ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。） ※「勤務先」に送付の場合は下記（A）の項目に、「自宅」に送付の場合は下記（B）の項目にご記入下さい。	
（A）勤 務 先 名		
（A）所 属 部 課 名		
（A）勤 務 先 住 所	〒 TEL ＿＿＿＿＿＿　E-mail ＿＿＿＿＿＿	
（B）自 宅 住 所	〒 TEL ＿＿＿＿＿＿　E-mail ＿＿＿＿＿＿	
その他 連絡事項	平成　　年　　月より入会	

【会費について】 年間 9,000円

○会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
○年度途中で入会される場合、会費は年度末（3月）までの月割りで計算致します。
○会費には機関誌「建設の施工企画」の費用（年間12冊）が含まれています。
○退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。 ○会費額は総会の決定により変更されることがあります。 ○次の場合、会員の資格を喪失します：1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判をうけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務：資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還：既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー（個人情報保護方針）に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm をご覧下さい。

http://www.jcmanet.or.jp/

建設の施工企画

2012 年 4 月号　No. 746

目　次

エネルギー・エネルギー施設　特集

◇表紙写真説明◇

ナ・アワ・プルア地熱発電所　全景（ニュージーランド北島）

写真提供：富士電機㈱

地熱発電設備単機としては世界最大となる 140 MW を供給するナ・アワ・プルア地熱発電所（ニュージーランド）が，2010 年 4 月に商業運転を開始した。地熱発電は CO_2 の排出量が極めて少なく，地球温暖化防止の観点で優れた発電方式である。本発電所は，世界でも稀なトリプルフラッシュシステムを採用し，地熱流体の持つエネルギーをより多くの蒸気エネルギーとして取り出し，出力の最大化を図っている。

一般社団法人への移行と名称変更のお知らせ

拝啓，時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。平素は，当会の活動に格別のご高配を賜り厚く御礼申し上げます。

さて，当会は，平成24年3月28日付けにて内閣府より「一般社団法人及び一般財団法人に関する法律」に基づく「一般社団法人」への移行が認可され，4月1日に「一般社団法人 日本建設機械施工協会」へと移行しました。

今後とも，建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及に一層の努力をしてまいりますので，よろしくお願い申しあげます。

敬具

一般社団法人 日本建設機械施工協会
会長　辻　靖三

平成24年度　(一社)日本建設機械施工協会会長賞　ご案内

下記の通り，「(一社)日本建設機械施工協会会長賞」をご案内致します。

1. 表彰の目的
日本の建設事業における建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して，調査，研究，技術開発，実用化等により，その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し，もって国土の利用，開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与すること。

2. 表彰対象者
本協会の団体会員，支部団体会員，個人会員又は関係者のうち表彰目的に適う業績のあった団体，団体に属する個人およびその他の個人。

3. 表彰の種類
本賞（会長賞），貢献賞および奨励賞

4. 選考
本協会が設置した「(一社)日本建設機械施工協会会長賞選考委員会」で選考致します。

5. 表彰式
本協会通常総会（平成24年5月30日(水)）終了後に行います。

詳細問い合わせ先：
(一社)日本建設機械施工協会　阿部
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
http://www.jcmanet.or.jp

第13回建設ロボットシンポジウム　論文募集のご案内

わが国の建設産業における建設ロボット分野の技術革新と建設生産システムの先進化を促進するため，総合テーマ「建設産業をリードするロボット技術＆情報通信技術」に，今回はサブテーマ「巨大災害を越えて明日の日本を創る建設ロボット」を掲げております。関連する各分野からの積極的な論文のご応募とご参加を頂きたく，ご案内申し上げます。

1. シンポジウム開催日
平成24年9月11日（火）

2. 論文募集内容
①建設生産についての将来展望　②計画・設計・管理技術　③新領域への取り組みとアプリケーション　④ライフサイクルへの適用　⑤ロボット・キーテクノロジー

3. 論文要旨提出締切日
平成24年1月27日（金）；終了

4. 本論文提出締切日
平成24年4月27日（金）事務局必着厳守（査読結果は6月頃通知）

5. 登録料：20,000円

詳細問い合わせ先：
(一社)日本ロボット工業会
建設ロボットシンポジウム事務局
TEL：03-3434-2919
FAX：03-3578-1404
http://www.jara.jp/

平成24年度建設機械施工技術検定試験
－1・2級建設機械施工技士－

平成24年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は，建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。

(以下の記載内容は概略ですので，詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。)

1. 申込み方法
所定の受検申込み用紙に必要事項を記載し，添付書類とともに郵送。
平成24年2月1日から3月30日まで，受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売しました。

2. 申込み受付
4月6日；終了

3. 試験日
学科試験：平成24年6月17日（日）
実地試験：平成24年8月下旬から9月中旬
※実地試験は，学科試験合格者のみ受検でき，日程は8月上旬に決定，通知します。

詳細問い合わせ先：
(一社)日本建設機械施工協会　試験部
TEL：03-3433-1575
http://www.jcmanet.or.jp

巻頭言

今後のエネルギーを どのように供給するか

倉　阪　秀　史

東日本大震災にともなう福島第一原発事故によって日本のエネルギー政策は大きく見直されようとしている。今年の夏には，エネルギー基本計画が見直される予定となっている。それに連動する形で地球温暖化に関する長期目標も改めて議論されることとなろう。

夏までに時間的余裕はないのだが，さまざまな意見が錯綜して，政府としての方針がどこに向かうのかがきわめて不透明な状況にある。この意見の錯綜は，それぞれの論者がよって立つ時間的な視野の違いに起因するものであろう。

ここ数年という時間的な視野で，日本のエネルギーをどのように供給するのかを考えると，選択肢は限られてくる。化石燃料に依存するか，原子力発電を再開するかである。時間的な視野が短くて二項対立で考えている人に，再生可能エネルギーの話をしても，そんなものに頼れないからダメだという反応になってしまう。

今後 5 年～ 10 年という時間的視野でも，再生可能エネルギーは心許ない。安定的に発電することができる地熱発電は 8 ～ 10 年のリードタイムがかかる。北海道や北東北に資源量が豊かな風力発電は，需要地にむけた送電線を強化するか，北海道や北東北にエネルギー需要を移していくかしないと，その活用ができない。浮体式洋上風力についても，技術の実用化自体に 5 年以上かかる。

しかし，今後 30 年から 50 年という時間的視野では，化石燃料価格が上昇し化石燃料依存は日本経済を圧迫することになろう。一方，再生可能エネルギーを基幹的なエネルギー源として見込むことが可能となる。

再生可能エネルギーは資源量としては十分に存在している。日本という狭い国土であっても，降り注ぐ太陽エネルギーはその最終消費エネルギーの 100 倍以上である。年間降水量は世界第 6 位，地熱資源の存在量は世界第 3 位である。国土を海で囲まれているため，洋上風力も，波力も，海洋温度差も活用することができる。国土の 67％は森林で覆われているため，木質系のバイオマス資源も豊富である。問題は，これらのエネルギーを利用するためのインフラ投資がほとんど行われてこなかったことである。倉阪研究室の試算によると，今後 30 年間にわたって年間 2 兆 3600 億円の事業費をかければ，2040 年には，再生可能エネルギーによって 2009 年に原発が供給していた電力量を供給できるだけの施設が導入可能である。現在，道路に年間 3 兆円を超える事業費をつぎ込んでいるが，再生可能エネルギーは，採算性さえ確保すれば民間投資を引き出すことができる。なお，太陽光，風力，流れ込み式水力，地熱といった再生可能エネルギーの供給量は，自然の力で決まってくるものであって，人間が簡単に出力コントロールできるものではない。このため，蓄熱・蓄電の設備にも投資する必要がある。先に触れたように，再生可能エネルギー資源の地域的な偏りを是正するためには新たな送電網の整備も必要となる。

さて，100 年を超える超長期の時間的な視野に立てば，原子力発電がそもそも選択肢から消えてしまう。高速増殖炉の技術開発に失敗した現在においては，ウランは耐用年数が 100 年に満たない枯渇性の資源である。全世界が原子力発電に依存できるわけがない。

このように検討の時間的視野を広げた上で，今何をすべきかを考えよう。まず，省エネを進め，効率の良い形で化石燃料を使っていきながら，二酸化炭素の排出量の増加を抑制することに力を注ぐべきである。石油，石炭，天然ガスといった従来型の化石燃料の中では，もっとも二酸化炭素排出量の少ない天然ガスへのシフトが現実的な路線となる。とくに，天然ガスはシェールガスの開発によって埋蔵量が増えている。この際，利用効率を上げるために熱利用も合わせて行うことが求められる。発電所におけるコンバインドサイクルを活用した余熱の有効利用や，需要地において熱と電気を併給するコジェネレーションを普及させるべきである。その際，冷暖房・炊事・給湯といったエネルギー需要は，太陽熱，地中熱，温泉熱，バイオマス熱といった再生可能エネルギー熱や化石燃料の廃熱で供給するという視点も重要である。また，十分な再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度や再生可能エネルギー熱の利用促進制度を運用して，再生可能エネルギーの事業性を保証し，再生可能エネルギーを離陸させるべきである。そして，原子力発電からは安全にかつ確実に撤退していくことが求められているのではなかろうか。今こそ「国家百年の計」が必要である。

――くらさか　ひでふみ　千葉大学大学院人文社会科学研究科　教授――

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン（案）

吉 村 元 吾

近年社会的問題となっている地球温暖化への対応として，CO_2 の排出削減がわが国にとっても大きな課題となっている中，CO_2 の排出が少ない再生可能エネルギーとして，太陽光発電や風力発電に加え，水力発電に対する関心も高まっており，中でも大規模な発電施設の開発を要しない中小規模の水力発電に寄せられる期待が大きくなっている。本稿では，中小規模の水力発電の一つである既設砂防堰堤を活用した小水力発電を題材として，その普及推進に向け国土交通省が作成・公表したガイドラインの概要と最近の取り組みの動向等を紹介する。

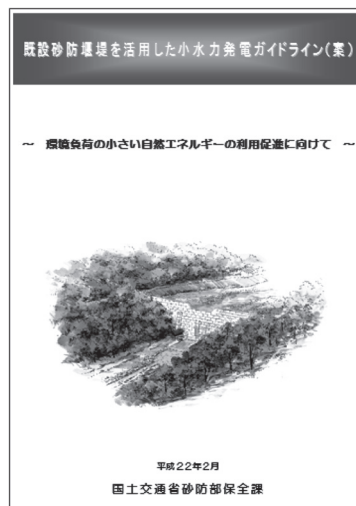
キーワード：再生可能エネルギー，砂防堰堤，小水力発電，中山間地，災害時等の電力確保

1. はじめに

近年，地球温暖化が大きな社会的問題として取り上げられる中，CO_2 の排出削減はわが国にとっても大きな課題となっており，いわゆる低炭素社会づくりに向けた取り組みの重要性は一層増大しているところである。

CO_2 の排出が少ないクリーンエネルギーとして，太陽光発電や風力発電が世間の注目を集める中，わが国の電力供給において発電設備構成で2割程度，電力量で1割程度を担うとされる水力発電に対しても関心が高まっている。

わが国では，社会・経済の発展に伴う電力需要の増大への対応として，火力発電所や原子力発電所とともに，ダム等の大規模な水力発電施設の開発が進められてきたところであるが，エネルギー白書2011を見ると，2009年度末で，わが国の一般水力発電所は，既存・建設中の発電所に対し，未開発地点が約1.3倍と多い半面，その平均発電能力は既存・建設中のものよりもかなり小さく，開発地点の小規模化・奥地化の影響で発電原価が他に比して割高となり，新たな開発の阻害要因となっている，との現状分析が示されており，こうした背景から，水力発電の中でも，大規模な発電施設の開発を要しない中小規模の水力発電に寄せられる期待が大きくなっている。

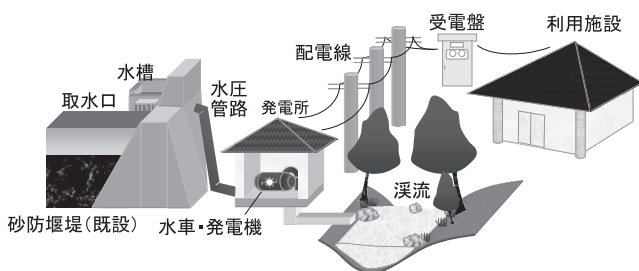
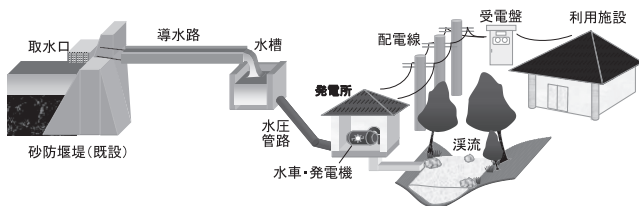
既設の砂防堰堤を活用した小水力発電は，既存ストックの有効活用という点においても，また，災害時等のライフラインの寸断等のリスクへの対処としての電力需給の安全の確保という点においても意義ある取り組みとの評価ができるものと考えられるが，国土交通省砂防部で把握している事例数としては全国で数十例程度に過ぎなかった。その後，電力の自由化や「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）」の施行に伴う事業者の多様化等，再生可能エネルギーの活用の推進を図るための環境が整えられる中，既設砂防堰堤を活用した小水力発電の一層の普及推進を図るべく，国土交通省砂防部では学識者等からなる検討会を設置し，都道府県や市町村等の事業者・ユーザーに向けた「既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン（案）」（以下，ガイドラインという。）を平成22年2月に取りまとめ，公表するに至った（**図―1**）。

図―1 ガイドライン（表紙）

本稿では，ガイドラインの概要や最近の砂防堰堤を活用した小水力発電に係る取り組みの動向等を紹介することとする。

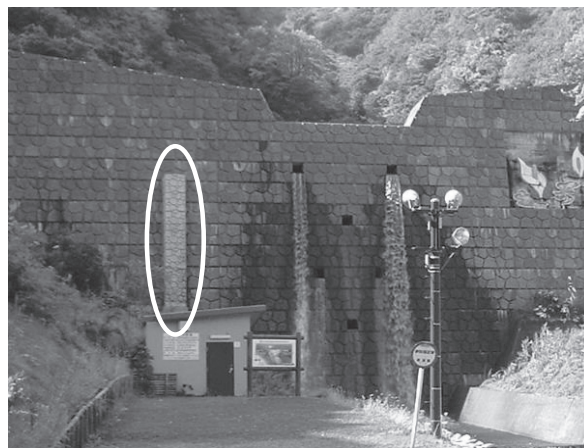
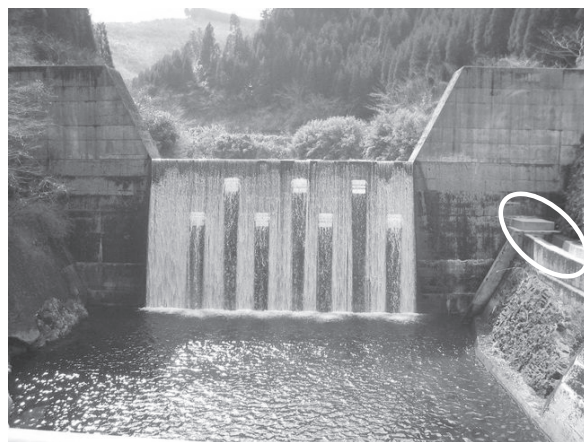
2. ガイドラインの概要

ガイドラインでは，既設砂防堰堤を活用した小水力発電の概要について，具体の実施事例を交え分かりやすく紹介するとともに，検討・実施に当たっての留意点，経済性の概略判定手法，実施に当たって必要となる手続き，各種の助成制度等の情報を取りまとめている。

(1) 既設砂防堰堤を活用した小水力発電の概要と事例紹介

既設砂防堰堤を活用した小水力発電は，砂防堰堤とその直下に位置する発電施設との落差を利用する「砂防堰堤落差方式」(**図―2**) と，砂防堰堤から取水した流水を導水路で下流に導き，その間の勾配から得られる落差を利用して発電する「導水路方式」(**図―3**) が主な発電方式となっている。

図―2　砂防堰堤落差方式のイメージ

図―3　導水路方式のイメージ

砂防堰堤は国及び都道府県が事業者として整備を行うが，小水力発電については砂防事業者以外の都道府県の部局や市町村，民間事業者が実施する事例が多いことから，ガイドラインでは，小水力発電の実施を検討する際の参考となるよう，具体の実施事例について，現地の写真や計画概要図に加え，発電の規模や電力の利用状況，維持管理の実施状況や費用等の情報を示している（**写真―1，2**)。

写真―1の事例では，砂防堰堤（高さ 14 m）の上流より取水し，水圧管路（写真左側の丸囲み内）を通して直下の発電所内で発電機を回し，生じた電力を渓流の夜間監視用照明及び近傍の公園内の夜間ライトアップに利用している。また，**写真―2**の事例では，同様に砂防堰堤（高さ 12.5 m）上流より取水し，下流に設置した導水路（写真右側の丸囲み内）で約 550 m 下流の発電所まで導水し，生じた電力を近傍の「道の駅」に供給している。

写真―1　砂防堰堤落差方式の事例（新潟県湯沢町）

写真―2　導水路方式の事例（大分県日田市）

(2) 検討に当たっての留意点

砂防堰堤を設置する渓流には平常時流水がないことが多く，降雨に伴う土砂流出による流路・取水可能量の変動や，発電設備への土砂流入は，発電能力の低下，維持管理の頻度・程度の増加等，小水力発電の実現可能性に大きく影響を及ぼすことから，砂防堰堤周辺のみならず，上下流の状況や近傍の河川・渓流を含めた十分な情報収集が必要となる。

よって，ガイドラインでは，これまでの小水力発電の事例や，砂防堰堤が設置される山間部の河川・渓流における流水・土砂流出等の特性を踏まえ，既設砂防堰堤を活用した小水力発電の発電地点を検討する際の

留意点として，以下の点を示している。

①河川・渓流の流路の安定性

・降雨のたびに流路が大きく変わり得る河川・渓流では，取水口や発電機を設置するための安定した場所が確保できない可能性があること

・一方，土砂流出が多く流路が不安定だった河川・渓流において，上流側での砂防工事の実施等により，流路が安定していれば，発電の可能性があること

②水量の確保

・渇水期等，季節的に流量がなくなる地点では，発電の経済性が悪くなること

・一方，供給先の電力需要の季節変動と水量変動とが合致すれば，効果的な発電となる可能性があること

③発電地点と電力供給先との位置関係

・送電線の設置には費用がかかるため，一つの目安として，500 m 程度の距離内に電力供給先を確保できることが望ましいこと

・電力会社からの送電線がない地域では，既設のディーゼル発電機等の代替として有益な発電となる可能性があること

④取水の安定性

・砂防堰堤上流や本堤・副堤の間から，安定して取水できること

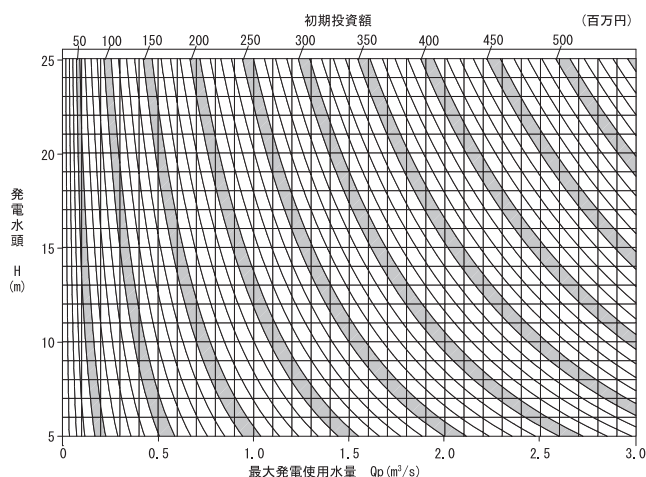
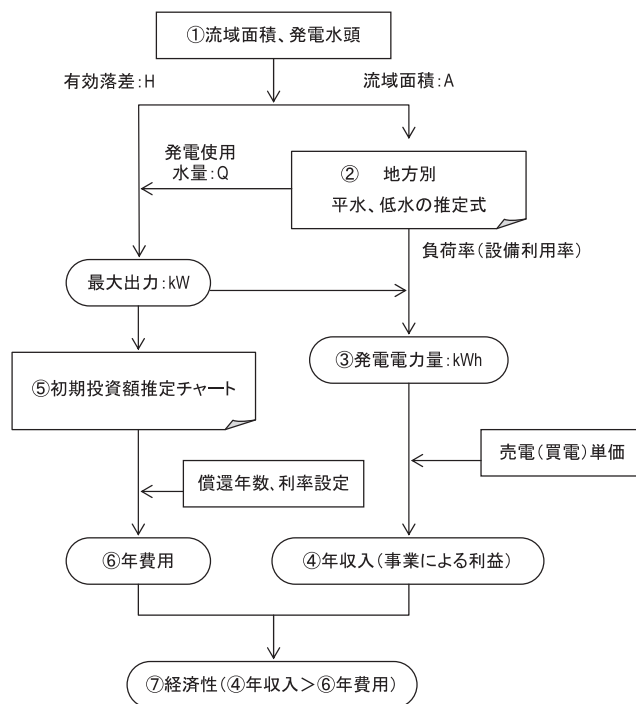
・発電機内への土砂流入を防ぐことも重要となること

(3) 経済性の概略判定手法

小水力発電の実施の検討に当たっては，発電事業の経済性・採算性が極めて大きなポイントとなることから，ガイドラインでは，経済性を概略で判定するためのフローチャートを示している（**図―4**）。

まず，上述の留意点を踏まえ設定した発電地点における流域面積や発電水頭（例えば，砂防堰堤の有効落差等）を設定する。

発電能力を左右する流量については，既存の観測データを活用することを基本とする。観測データがない場合のため，各地方のデータから統計的に求めた流量推定のための数式及び係数を掲載しているが，流域によって誤差が大きくなる可能性があることから，事業成立の可能性があるとの判定結果が得られた場合には，流量観測，概略的な発電計画など，より具体的な検討を行うことを推奨している。

また，最大出力・年可能発電電力量及び年収入・初期投資額・年費用の推定手法も掲載しており，初期投資額の推定については，「ハイドロバレー開発計画ガイドブック（平成 17 年 3 月　新エネルギー財団）」を参考に早見図を作成している（**図―5**）。これらの手法を用いることで，ある程度の誤差は含んでいるものの，精緻な経済性の評価を行う前段で，最小限のコスト・時間で実現可能性の概ねの判断ができることから，事業者における検討機会が増加することが期待される。なお，判定作業の参考となるよう，計算例も示している。

図―4　経済性の概略判定フローチャート

図―5　事業費（初期投資額）早見図

(4) 実施に当たって必要となる手続きと留意点

既設砂防堰堤を活用した小水力発電の実施に当たり必要な手続きとして，ガイドラインでは，主に，①砂防堰堤等の改造及び継続的利用のための砂防法に基づ

く「砂防指定地内行為許可申請」，②流水及び河川区域内の土地の占有・利用に関する河川法に基づく「水利使用許可申請」，③一定規模以上の発電を行う場合の発電設備の設置・維持管理に関する電気事業法に基づく「工事計画書事前届出」「保安規定届出」「主任技術者選任許可申請」について，手続きの際に留意すべき点や許認可手続きの流れを示している。また，事業者が活用し得る各種の補助金等の助成制度の情報もとりまとめている。

さらに，実施に当たっての留意点として，段階ごとに以下の点を示している。

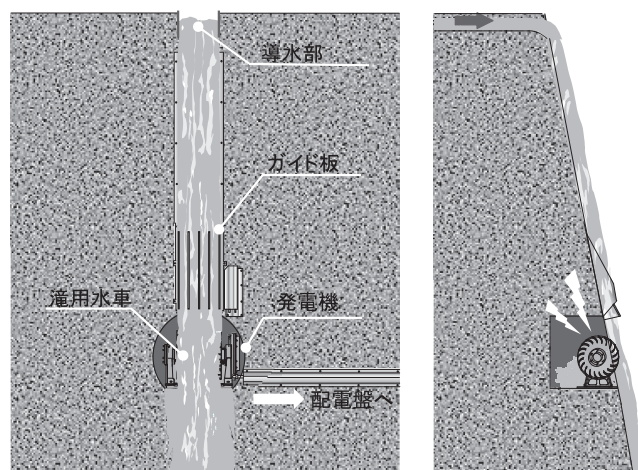
①設計・計画段階
- 取水設備の新設による砂防堰堤の安定性の確認の必要性
- 砂防堰堤の堆砂敷や設置箇所への進入路の設置，仮締切の計画に当たっての確認・検討事項

②工事段階
- 土石流に対する工事中の安全対策の必要性
- 出水期に工事を実施する場合の安全対策の必要性

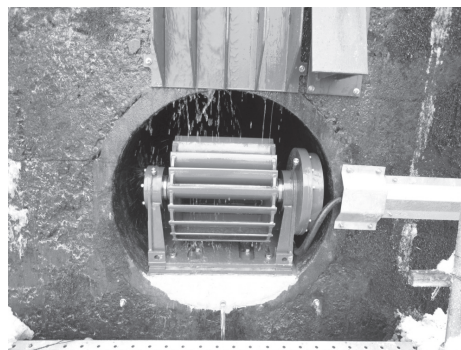
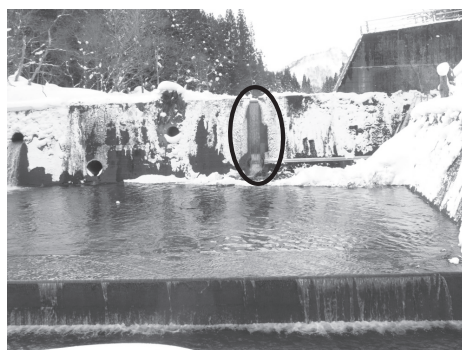
③維持管理体制の構築
- 関係機関との分担に係る施設建設前の協議の必要性
- 日常的点検のための基準・チェックリスト作成の有効性

3. 最近の取り組みの動向

近年の小水力発電を含む再生可能エネルギーや電力供給の安全性の確保に対する関心の高まりを受け，市町村や都道府県を中心に，既設砂防堰堤の発電に関するポテンシャルの調査が進められている地域が増えており，砂防事業者もデータ提供等，積極的に協力しているところである。

また，小水力発電の普及推進には，より効率的かつ合理的な発電のための発電設備の開発も必要となる。国土交通省北陸地方整備局飯豊山系砂防事務所では，信州大学と協力し，砂防堰堤から流れ落ちる流水を砂防堰堤本体に設置した水車に直接当てて発電する方式（**図—6**）により，試験施工を通じて施工性・経済性・維持管理等の検証を行う取り組みを進めている（**写真—3**）。

図—6　滝用水車形式のイメージ

中山間地や渓流の上流域において砂防事業を実施する場合，商用電源の確保が困難あるいは費用が高くなること，地形的に太陽光発電による継続的電力確保が困難であること等から，自らの施設管理や流域監視等のための機器に要する電力の安定的確保が課題となることが多い。小水力発電による電力確保の可能性をより高めていく上では，土砂流出の比較的多い渓流においての発電可能性を高めることが有効であり，実証実験的に取り組みを進めていく必要がある。

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所では，地元南木曽町と協力・連携し，砂防事業者として小水力発電設備を土砂流出の多い渓流に設置し，監視用機器の必要電力を確保した上で，余剰電力を近傍の避難所に指定されている小学校等の公共施設へ供給し，砂防事業者は土砂流出の多い渓流における小水力発電設備の設置・維持管理上の問題点を検証する役割を，町は発電設備の日常的な巡視点検と清掃及び災害

写真—3　滝用水車形式の試験施工（山形県小国町）

写真―4　直轄砂防事務所と町との協定調印式（長野県南木曽町）

時等における臨時点検を行う役割をそれぞれ担うこととする協定締結を行っており（**写真―4**），このような取り組みが広がることにより，事業者による小水力発電の機会の増加につながることが期待される。

4．おわりに

昨年発生した東日本大震災に伴う発電所の機能の停止・低下等により，全国の広い範囲で電力供給能力の不足への対応を迫られ，再生可能エネルギーの活用の推進や災害時等の非常時の電力確保の不安解消に関心が高まっているところである。また，2012 年 7 月からは，発電による余剰電力を電力会社が固定価格で買い取る制度もスタートすることとなっており，エネルギー自給率を高め，地球環境への負荷低減にも寄与する再生可能エネルギーの普及拡大に大きな追い風となることが期待されている。

今後とも，様々な機会を通じて，技術革新や関連制度の状況等，最新の情報を広く周知するなど，既設砂防堰堤を活用した小水力発電の普及推進に積極的に取り組んで参りたい。

なお，今回紹介したガイドラインについては，国土交通省砂防部ホームページ内（http://www.mlit.go.jp/river/sabo/seisaku/sabo_shosui.pdf）に掲載しているので，以下の参考情報とともに，適宜参照頂きたい。

JCMA

【参考】
○環境省 HP
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page01.html
○資源エネルギー庁 HP
http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/index.html

［筆者紹介］
吉村　元吾（よしむら　げんご）
国土交通省
水管理・国土保全局　砂防部保全課
企画専門官

水素エネルギー新産業の拠点化に向けた福岡の挑戦

小 林 真二郎

水素エネルギー・燃料電池分野は，国の「新成長戦略」でも国際標準化を推進し，海外展開できる技術として位置づけられている。また，民間調査機関では，2025年の当該分野の世界市場規模を5兆円以上と予測するなど，今後の成長が期待される分野である。福岡県では，水素エネルギー産業を本県経済を支える成長産業にするため，産学官の連携組織である「福岡水素エネルギー戦略会議」と連携して，「福岡水素戦略（Hy-Life プロジェクト）」を展開しており，本プロジェクトの概要と今後の展開について報告する。

キーワード：水素エネルギー，燃料電池，新成長戦略，福岡水素エネルギー戦略会議，福岡水素戦略

1. はじめに

福岡県では，全国有数の水素関連企業等が結集する「福岡水素エネルギー戦略会議」と連携して，九州大学を中核とした世界最先端の研究開発，「福岡・北九州の水素タウン」や「水素ハイウェイ」などの先導的な社会実証，全国唯一の水素人材育成，世界最先端の水素情報拠点の構築，水素エネルギー新産業の育成・集積を柱とした「福岡水素戦略（Hy-Life プロジェクト）」を展開している。

本プロジェクトを総合的に推進することにより水素の拠点福岡を創出しようとするもので，本稿では，「福岡水素戦略」の概要と今後の展開について紹介する。

水素エネルギーとは

地球温暖化をはじめとする環境問題や，原油枯渇等のエネルギー問題は，今や待ったなしの人類共通の課題である。我が国は，2010年10月に閣議決定した地球温暖化基本法案で，2050年までに1990年比80％の温室効果ガス削減目標を明らかにした。エネルギーの自給率が原子力発電を入れても18％，原子力を除けばわずか4％という資源小国である我が国にとって，エネルギー問題は国の根幹を揺るがす重要な課題である。

このような中，これらの課題を解決するために，今，大きな期待を担っているのが水素エネルギーである。

水素エネルギーは，その利用段階でCO_2を全く発生しない。また，水素エネルギーは，化石燃料だけでなく，バイオマス・太陽光・風力など再生可能エネルギーからも製造することができる。言い換えれば，再生可能エネルギーから水素を製造することで，化石燃料に依存しないクリーンな社会を構築することが可能となる。

さらに，水の電気分解の逆反応，つまり水素と酸素を化学反応させ電気を作り出す「燃料電池」を利用すれば，従来の方法よりも高効率に発電することが可能である。燃料電池を使えば，化石燃料から水素を製造した場合でも，約3割の省エネルギー・CO_2削減が可能となる。

この様な燃料電池の特徴は，昨年3月に発生した東日本大震災により原子力発電所をはじめとする発電施設の被災が電力供給の大幅な喪失をもたらしたことから，あらためて緊急災害時における分散型電源としても期待が寄せられている。

水素エネルギーは，地球温暖化対策・脱化石燃料のキーテクノロジーとして，自動車用をはじめとした広範な分野への応用が期待されており，水素エネルギーの実用化を目指し，現在，国内外で熾烈な開発競争が繰り広げられている。

エネルギー問題，環境問題の解決という社会の強い要請を受け，新たな先端成長産業として大きな期待を担う水素エネルギーについて，福岡は意欲的な取組みを展開している。

2. 福岡における水素エネルギー開発

（1）水素エネルギー分野における福岡の強み

水素エネルギー分野における本県の最大の強みは，

九州大学の知的資源である。九州大学では，2003年度から2007年度にかけて，文部科学省21世紀COEプログラム[a]「水素利用機械システムの統合技術」を実施するとともに，2006年7月には，経済産業省資源エネルギー庁，㈱新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という）の支援のもと，産業技術総合研究所「水素材料先端科学研究センター」（以下「HYDROGENIUS」という）が設立されるなど，水素エネルギーに関する先駆的な取組みを行ってきた。

その後も，2010年7月に文部科学省の世界トップレベル研究拠点にカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所が採択され，昨年7月には，経済産業省のイノベーション拠点立地支援事業で次世代燃料電池産学連携研究センターが採択されるなど，九州大学伊都キャンパスは，水素エネルギーの世界的な研究開発拠点となっている。

写真—1　HYDROGENIUS

また，本県では，北九州市の製鉄所等から，将来の水素供給源として期待される副生水素が年間5億 m^3 も発生している。副生水素の一部は，日本で唯一市街地を通る水素パイプラインにより輸送されるなど，他県にない経験も蓄積している。

さらに，本県には，自動車をはじめとした多様な製造業が集積しており，水素エネルギー新産業の育成・集積に必要な土壌が整っている。

本県では，これらの強みを活かし，世界的な水素エネルギー拠点を形成するため，産学官が強固に連携した取組みを進めている。

a)：21世紀COEプログラム：「大学の構造改革の方針」（平成13年6月）に基づき，平成14年度から開始された文部科学省の研究開発拠点形成費等補助事業

(2) 産学官連携組織「福岡水素エネルギー戦略会議」

「福岡水素エネルギー戦略会議」（以下「戦略会議」という）は，2004年8月，本分野における日本初の産学官連携組織として，144企業・機関の会員で設立した。

2012年2月現在，戦略会議には，設立当時の4倍を超える651企業・機関が参画しており，水素エネルギー分野における我が国最大の推進組織に成長している。

3. 福岡水素戦略（Hy-Life プロジェクト）

(1) 水素エネルギー社会を実現する5つの柱

戦略会議では，2004年の設立以来，産学官が連携し水素エネルギーに関する総合的な取組みを進めてきた。これらの取組みをさらに加速するため，2008年2月，戦略会議の今後の取組み方針として，「福岡水素戦略（Hy-Life プロジェクト）」を取りまとめた。

福岡水素戦略は，水素エネルギー社会の実現に不可欠な「研究開発」「社会実証」「水素人材育成」「世界最先端の水素情報拠点の構築」「水素エネルギー新産業の育成・集積」の5つを総合的に推進する世界唯一の取組みである。

(2)「研究開発」

福岡水素戦略の1つ目の柱は「研究開発」である。

本県では，九州大学，HYDROGENIUSを中心に，水素の製造，輸送・貯蔵から利用までの一貫した幅広い研究開発が進められている。特にHYDROGENIUSは，国内はもとより，フランス，アメリカ，ウクライナ，ドイツ，フィンランドなど国外からも研究者が結集しており，本戦略に基づく研究開発の中核施設となっている。

また，戦略会議では，企業の水素関連製品開発を支援するため，研究開発助成を行っている。本研究開発助成から既に製品化された成果も出るなど，順調に取組みが進められている。

(3)「社会実証」

福岡水素戦略の大きな特長は，2つ目の柱として掲げる「社会実証」の実施である。

これまでの実証活動は「点」で行う技術実証が中心であったが，水素エネルギー社会実現のためには，社会全体に見える形で実証活動を行い，水素エネルギーの社会受容性を向上させることも必要である。そこで，本戦略では，「線」「面」を対象とした社会実証を重点的に行うこととした。

(a)「福岡水素タウン」

社会実証第1弾となる「福岡水素タウン」は，家庭

用燃料電池（エネファーム）を集中設置し，同一環境下における大量の運転データを燃料電池開発に活かす目的で実施している。水素エネルギーを利用する世界最大のモデル都市となる取組みで，関係企業と協働して事業を進めている。

本社会実証の対象地域である福岡県糸島市「南風台団地」「美咲が丘団地」では，2008 年 10 月の第 1 号機設置を皮切りに，2009 年 2 月までにエネファーム 150 台の設置を完了し省エネ効果などの検証を始めた。2010 年 3 月には，市販された最新鋭機に置き換え，社会実証を継続している。

家庭用燃料電池を 100 台超の規模で集中設置するのは世界初の取組みであり，事業開始以来，取材・視察が相次ぐなど国内外から大きな注目を浴びている。

また，2011 年 11 月には，福岡水素タウン地域内に，民間企業が主体となって，最新の燃料電池システム，太陽光発電システム，蓄電池システムの連携により，停電時も電力を確保できる自立型エネルギーシステムの実証を行う「スマートハウス in 福岡水素タウン」が開所された。このスマートハウスは，福岡水素タウンの前原事務所を兼ねており，見学も可能である。

写真―2　福岡水素タウン第 1 号機

(b)「水素ハイウェイ」

社会実証第 2 弾として取り組む「水素ハイウェイ」は，福岡市と北九州市の 2 カ所に水素ステーションを整備し，次世代自動車として期待される燃料電池自動車や水素エンジン車の実証走行を行うものである。

福岡市側は，九州大学伊都キャンパス内に，水電解方式の水素ステーション「九州大学水素ステーション」を整備した。本ステーションでは，太陽光発電を利用した水素製造に関する研究開発も行い，二酸化炭素を全く発生しないシステムの可能性を検討している。

北九州市側は，八幡東区東田のガソリンスタンドに併設し，八幡製鉄所から発生する副生水素をパイプラインで供給する「北九州水素ステーション」を整備した。水素をパイプラインで直接供給する水素ステーションは日本初で，世界でもドイツ（フランクフルト），ノルウェー（ボルスグルン）に次ぐ 3 例目のステーションである。

いずれのステーションも 2009 年 9 月 18 日に開所しており，運営面では，NEDO 助成事業の「地域水素供給インフラ技術・社会実証」の一環として実施している。

ステーションを利用する燃料電池自動車は，2009 年 4 月から福岡県と北九州市が公用車としてリースし，2010 年 1 月からは県内関連企業が水素ロータリーエンジン車を導入している。また，2010 年 10 月には，福岡県が 2 台目の燃料電池自動車を公用車としてリース導入している。

さらに，昨年 5 月には，福岡の「水素ハイウェイ」事業に共感した国内 2 輪メーカーが，燃料電池スクーターの実証走行を北九州水素ステーションを利用して開始している。

写真―3　九州大学水素ステーション

写真―4　北九州水素ステーション

(c)「北九州水素タウン」

社会実証の第 3 弾は「北九州水素タウン」である。

集合住宅や商業施設，公共施設等に水素をパイプラインで供給し，定置型燃料電池等の燃料として利用する，世界初の次世代型水素エネルギーモデル都市であり，2009年8月に経済産業省の「水素利用社会システム構築実証事業」に採択され，2011年1月に開設している。

「北九州水素タウン」は，社会実証を通じて水素供給ビジネスの検証を行う「水素供給・利用技術研究組合」が事業主体であり，水素エネルギー社会を可視化するモデル地区として，北九州水素ステーションを中核に整備されている。FC（燃料電池）フォークリフトやFCアシスト自転車など小型移動体の実証も併せて行っている。

(4)「水素人材育成」

イノベーションの根幹となるのは人材である。そこで，福岡水素戦略では3つ目の柱として「水素人材育成」を掲げ，産業界等の人材育成を支援している。

本取組みを推進するため，2005年10月，国内唯一の水素関連人材育成機関として「福岡水素エネルギー人材育成センター」を設立した。現在，本センターでは「経営者（定置型燃料電池）コース」「経営者（燃料電池自動車）コース」「技術者育成コース」「高度人材育成コース」の4コースを運営している。

(a) 経営者（定置型燃料電池）コース

「経営者コース」は，水素関連分野への新規参入を目指す企業の幹部を対象としたコースである。水素・燃料電池の基礎知識や新規参入企業に求められる資質等の講義を半日間で行っており，これまでに延べ402名が受講している。

1回のコースは定員40名と小規模で開催しており，講師の方々に遠慮なく質問できる雰囲気を大切にしている。講義後の名刺交換会には講師の方々にも参加していただいており，人脈づくりにも役立っている。

(b) 経営者（燃料電池自動車）コース

2015年からの燃料電池自動車市場市販開始にあわせ，燃料電池自動車産業への新規参入を目指す企業幹部を対象としたコースを2011年度から新たに開設した。燃料電池自動車の基礎知識の習得を目指すとともに，2015年の燃料電池自動車市場化に向けた経営判断に役立つ業界動向の情報提供等の講義を半日コースで実施している。

開講初年度であったが，34名が受講。関連部品等裾野の広い自動車産業において，新規参入を目指すための業界動向等の最新情報が得られるということで大変好評であった。

(c) 技術者育成コース

水素関連企業の最前線で活躍する技術者等を対象としたコースが「技術者育成コース」である。水素関連分野で活躍する産業界の一流技術者や九州大学の一流研究者を講師に迎え，水素の特性から利用に至るまでの幅広い講義と実践的な実習を4日間で行っている。これまでに延べ214名が受講しているが，特に自ら体験しながら学ぶ実習は受講者に大変好評で，本コースの最大の特長となっている。

年2回の開催で，実習を伴うため1回の定員は20名と少人数である。水素に関し，体系的に学べる機会は他にないため，新任研究者の研修としても活用されている。

写真―5 技術者育成コースの実習

(d) 高度人材育成コース

「高度人材育成コース」は，将来を担う若手研究者を対象としたサマースクールで，NEDO，九州大学，㈱産業技術総合研究所と共催で2008年に開講した。燃料電池産業や水素エネルギー研究に関する最新情報の講義を3日間で行っており，これまでに134名が受講した。

本コースの特長は，最新の研究開発動向と製品開発状況を俯瞰できることである。これは，若手の研究者・技術者は“部分最適”の傾向があるので，“全体最適”の視点を持つ契機にして欲しいとの思いからである。さらに，世界に通用する人材を期待する声に応え，英語による講義も行っている。

(5)「世界最先端の水素情報拠点の構築」

国際的な競争に打ち勝つためには，世界の最新情報を集積し発信する拠点を構築することも必要である。そこで，福岡水素戦略の4つ目の柱として「世界最先端の水素情報拠点の構築」を掲げている。

本取組みの1つ目は，水素材料分野の専門家が一堂

に会し，世界最先端の研究成果を受発信する「水素先端世界フォーラム」である。㈱産業技術総合研究所，九州大学との共催で毎年2月に福岡市内で開催している。2012年2月1日～2日に開催した第6回フォーラムでは，20カ国，500名以上のオピニオンリーダーが集い，燃料電池自動車の市場化に向けた日欧の最新の取組みやHYDROGENIUSの最新研究成果が報告された。

また，毎年秋には，西日本最大の燃料電池・水素エネルギー専門展示会である「水素エネルギー先端技術展」を北九州市内で主催している。2011年11月9日～11日に開催した第7回の展示会には，43企業・機関が最新製品や技術を出展し，延べ14,064名が来場するなど，製品・技術導入の商談が可能な展示会として好評を得ている。2011年度は，経済産業省と共催で，日韓における燃料電池産業の最前線を紹介する「燃料電池アジアセミナーin福岡」を先端技術展と同時開催し，情報収集等に多くの聴衆が詰めかけた。

(6)「水素エネルギー新産業の育成・集積」

福岡水素戦略の5本目の柱は，水素エネルギー新産業の拠点形成を目指した「水素エネルギー新産業の育成・集積」である。

水素エネルギー新産業の育成・集積のためには，多様な企業の参入促進・競争環境の創出により，各種関連製品の低コスト化・高性能化を図ることが必要である。また，民間企業が水素エネルギー新産業へ新規参入するためには，水素ガス環境下での製品試験により，自社製品の性能・信頼性を証明することが必要不可欠である。しかし，水素ガス環境下における製品試験には高額な初期投資が必要であることから，特に中小・ベンチャー企業が水素エネルギー新産業へ新規参入する際の大きな阻害要因となっている。

このような課題を解決し，日本における水素エネルギー新産業の育成･集積を推進する中核機関として「水素エネルギー製品研究試験センター（以下「HyTReC」という）」が2010年4月28日に開所した。

HyTReCでは，1,000気圧級の高圧水素試験室5部屋をはじめ12もの試験室のほか，分析室や工作室，セミナー室等の充実した施設を備え，九州大学・HYDROGENIUSの研究成果を基に，今まで国内で実施できなかった水素関連製品（素材・部品等）の実ガスによる耐久性試験や圧力サイクル試験などを行うことができる。さらには製品・材料等の共同研究も手がけることとしており，試験・研究を通じて産業界の製品開発を支援している。開設初年度から，当初の見込みを上回る試験を受託，2011年度も前年度を上回る受託実績をあげており，水素関連企業の製品開発に貢献している。

HyTReCの設立により，日本における水素エネルギー新産業の育成が大きく進展するとともに，より効率的な製品開発の環境を求め，水素エネルギー関連企業の研究所等が福岡に集積することを期待している。

写真－6 HyTReC

4. IPHE「優秀リーダーシップ賞」の受賞

2010年5月，これまでの戦略会議の取組みが，水素･燃料電池の国際協力枠組みである「水素経済のための国際パートナーシップ（IPHE[b)]：International Partnership for the Hydrogen Economy）」に認められ，「優秀リーダーシップ賞」に選定された。同賞は，世界の水素経済の推進に著しい貢献のあった団体等を表彰するもので，同賞の受賞は我が国初のことである。水素エネルギー社会の実現を目指し，世界最先端の取組みを総合的に進める「福岡水素戦略」への取組みが高く評価された。

b) IPHE：2003年に米国エネルギー省が提唱。水素・燃料電池に係る技術開発，基準・標準化，情報交換等を促進するための国際協力枠組みであり，現在，18の国と地域が参加している。

5. 福岡水素戦略の今後の展開について

2008年2月に公表した「福岡水素戦略（Hy-Lifeプロジェクト）」の第1期（2008年～2010年）では，特に“水素エネルギー社会の可視化・具現化”を重点施策と位置づけ，「社会実証」を積極的に実施してきた。この結果，水素エネルギー社会の可視化・具現化という目的は達成されてきており，水素エネルギーに関する社会受容性の向上にも大きく貢献している。

「福岡水素戦略」の第2期（2011年～2015年）では，“水素エネルギー社会の可視化・具現化”という社会

実証の成果を踏まえ，水素エネルギーを広く世の中に普及させることにより，“水素エネルギーの市場創出・産業化”を目指している。

中でも，重点分野としているのは，水素エネルギー市場創出の起爆剤になる燃料電池自動車（FCV）の普及促進である。2011年1月，自動車メーカー，インフラメーカー13社が共同で2015年に福岡を含めた4大都市圏を中心とする国内市場に，燃料電池自動車を本格導入する旨発表した。この発表を受け，戦略会議では，佐賀県とも連携して2012年2月に「北部九州燃料電池自動車普及促進構想」を策定した。

本構想では，燃料電池自動車の普及促進を図るために3つの目標を掲げている。

① 2015年までに，北部九州において水素ステーションの先行整備を行い，燃料電池自動車の初期市場を創出することを目指す。

② 2020年までに，北部九州で円滑な燃料電池自動車の普及を可能にするために必要となる水素ステーションの整備を促進することを目指す。

③産学官が一体となって導入促進策を講じ，全国に先駆けて北部九州において燃料電池自動車及び水素供給インフラの自立的な普及の開始を目指す。

今後は，本構想を基に，関係機関と連携し，導入促進策に関する機関への働きかけ，検討を行っていくとともに，平成23年12月22日，福岡県と北九州市，福岡市が共同で指定された「グリーンアジア国際戦略総合特区」の制度も積極的に活用しつつ，具体的なアクションプランを策定し，実行していく。

6. おわりに

福岡県では，水素エネルギー産業の拠点化を目指して，福岡水素エネルギー戦略会議と連携し，福岡水素戦略を今後も積極的に推進する所存であり，引き続き皆様のご支援，ご協力をお願いするとともに，これまで活動を支えていただいた多くの企業，九州大学や産業技術総合研究所などの大学，研究機関・支援機関，経済産業省資源エネルギー庁，九州経済産業局，NEDO，北九州・福岡の両政令市など関係各位に対し，この場をお借りして心からお礼申し上げる。

なお，「北部九州燃料電池自動車普及促進構想」を含め，戦略会議の最新情報は，下記ホームページにおいて逐次公開しているので，ご参照いただければ幸いである。

JCMA

〈問合せ先〉
福岡水素エネルギー戦略会議事務局
（福岡県商工部新産業・技術振興課内）
TEL：092-643-3448　FAX：092-643-3436
E-mail：info@f-suiso.jp
URL　http://www.f-suiso.jp/

［筆者紹介］
小林　真二郎（こばやし　しんじろう）
福岡県
商工部　新産業・技術振興課
企画監

「タイ国における排水活動(国際緊急援助隊)の実施に関する座談会」その2

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課

開催日：平成24年1月18日(水)
会場：機械振興会館会議室
参加者：
　荒井　猛氏(関東地方整備局)
　岩崎　哲也氏(中部地方整備局)
　川端　郁雄氏(北海道開発局)
　塩入　健治氏(関東地方整備局)
　神宮寺　保秀氏(関東地方整備局)
　新田　恭士氏(㈶先端建設技術センター)
　宮島　実氏(北陸地方整備局)
進行：
　森川　博邦(総合政策局公共事業企画調整課)

(3月号掲載の「タイ国における排水活動(国際緊急援助隊)の実施に関する座談会」その1からのつづき)

〈トラブル回避の秘訣(その2)〉

川端　今回，輪中堤の高さが低かったことから，ポンプ排水量を算出した結果，ポンプ出力を100%にしても70%にしてもそれほど排水量に差がなかったので100%では運用しませんでした。

塩入　ヘッド差が小さいため，能力的には定格以上の排水量が出ているので，そんなに目いっぱい回して負荷を掛けるよりは，余裕を持っている範囲の中でうまく回していくほうが効率的だという考えで，みんな運用していました。

新田　今回の洪水規模から考えて，国際緊急援助隊が持ち込む排水ポンプ車10台は，余裕のある台数とは言えませんでした。3班編成で各班が3台使用することとし，1台を予備車両と考えましたが，活動期間が長期になることから故障により使えるポンプが減ることが心配でした。神宮寺さんとも，長時間運転では発電機の故障に注意する必要性を考えていました。

岩崎　現場には日本製の発電機も沢山あり，そのまま使えるなとか言っていました。

新田　排水ポンプ車の派遣台数は，検証すべきポイントの一つだと思います。今後の国際支援でもこの位の規模を基本にするのか。排水ポンプ車の排水能力を耐久性も含めて検証すべきです。かつて中越地震の際「200時間以上の連続運転は保証できません」という説明をメーカから受けました。河道閉塞箇所の越流防止に使っていたので，“1週間耐えられないかも知れない”と困惑し予備機材の確保を進めました。

　今後の国際支援では，壊れたら直せないことも想定しスペア機材や予備ポンプをどのくらい持っていくべきか，よく考えておくべきだと思います。

森川　今回これだけ長時間動かしたら相当壊れてもおかしくなかったのに，ほとんど無事に帰ってきた理由はもう少しありませんか。工夫をしたことの報告の中で，私が感心していたのは，1日1回あるいは2回，水の中からポンプを上げて，ストレーナーに詰まっているものを全部取ったという話。これは最初にどなたかがこうやってくださいという指示をしてくれたのですか。

岩崎　僕は実は東日本大震災後の仙台空港の排水でも一緒のことをしていたんです。あそこでは長期戦になるということが分かっていたので，長期戦になるということはやはりポンプを大事に使わないといけないので，とにかくすぐにごみを取るようにしました。そのときはちょっとごみがたまったかなというとすぐに上げてごみ取りをしたという経験がありました。

　今回は発電機等のこともあったので，とにかく1日2回はポンプ車を休ませたいと思っていました。エンジンも，発電機も1時間止めてしまえばその間に燃料の給油をしたり，ごみ取りもできるので，そんなにロスにもならないと思ったので，タイに行く前から2回は止めようとは思っていました。

　現場で説明するのも，「燃料を入れるときは危ないから発電機を止めないといけない」という理由も付けました。「別に運転しっ放しでいいんじゃないか」という作業員もいたのですが，「ここは止める。絶対に止める」ということで徹底しました。

森川　岩崎さんは1班でしたが，ほかの班でも同じようにやってもらったということですか。

宮島　2班は1日に1回しか止めなかった。朝，涼しいときに。

工業団地によってごみの出方が違って，うちは紙みたいなのがいっぱい来ていましたが，ゴミよけのネットを張っていましたので，ストレーナーの掃除は１日に１回ずつしていました。

神宮寺　３班も１日に１回，朝，ストレーナーの掃除をしました。

森川　東日本大震災のときはストレーナーの掃除はやっていないところが多かったのでしょうか。かなりのがれきを吸って不具合が発生していました。今回その反省が活かされたように思います。

川端　ストレーナーにごみが詰まると排水量がかなり落ちます。ただし，見た目でわかる程度に落ちるまで放置してしまうと，最悪の場合ストレーナーが破損して，ゴミがポンプのシャフトに絡みついたりしてポンプ故障の原因になります。

岩崎　僕がいつも指導しているのは，一番初めにポンプで排水を始めるじゃないですか。そのときに「ホースを踏んでくれ」と言うんです。「この感覚を覚えておいてくれ」と言う。「この感覚が柔らかくなったらごみが詰まっているから取れ」という指示をしていました。

神宮寺　隣のホースと踏み比べても分かる。

岩崎　そうです，明らかに違いがあります。夜中じゅう運転しているときも，夜中は作業員に水に入らせたくないので，ごみが詰まっていたら止めていいというふうにしてあったので，「ホースを踏んだら柔らかくなっていたので止めました」ということもできていました。

写真―１　ストレーナーの掃除

写真―２　ストレーナーに絡まったヘビ

写真―３　ホースを踏んで硬さを確かめる

森川　一番初期の段階でそれを実施したということが，非常に効果があったと思います。

岩崎　やはり大事に使いたかったということはあります。日本での作業の場合トラブルが発生しても替えがありますが，タイでは同じようにはいかないので，そこは大きかったと思います。

神宮寺　タイで準備していたポンプは補給の時間に止めていたんです。しかし，国交省のポンプ車は，「1日１回休むのか」と訊かれたときに「いや，休まない。24時間連続でOKなんだ」ということで現場に行ったときに工業省に売り込んでいたのです。でも，実際物が来たら，タイのポンプも休んでいるので，日本のポンプも休ませるのだろうという感じで，タイの人も気を遣ってくれました。

岩崎　但し，休ませるときは１台ずつ休ませました。全部止まると見栄えが悪い。

塩入　後は，電流値の振れを見ながら，水の勢いとかを見て，そこら辺を注意しながら，ちょっと変化があれば「あそこのポンプを引き上げようか」みたいな感じでしたね。

川端　機械の状況を確認しながらあまり無理をさせないで，効率的に一番よいところに調整して効果的に作業していたという状況です。

神宮寺　タイの作業員もスキルがどんどん上がっていって，どこでインバーターの回転数をセットするのか分かるようになると「なぜ100％にしないんだ」という質問が出てきました。「これは10メートルのヘッド差用でつくられているポンプなんだ。ここは見てのとおり３メートルしかないでしょう？　だから100％

にする必要はない。70％で運転していてこのポンプのスペックを満足した排水量が出ているのだから，100％にする必要はない。機械に負荷を与えないように優しく運転してやってくれ」と説明したら，それは理解してくれました。「ああ，そうか」と。でも，1日目は最初の運転なので確か全て60％にセットしていたのが，夜間巡視に行ったとき3班のポンプを見たときに出力がばらばらだったんです。だからいじったのだなと思って，またそこで直してきました。

岩崎　バンカディも，1日目は一晩様子見で1000回転（約30％）にして現場を離れたら，朝行ったら2500回転（約80％）でした。現地のエンジニアが勝手に回転数を上げたようです。

塩入　僕も1回だけありました。入ってきたときと微妙にですがちょっと変わっていたので，「あれ？　昨日の夜いじった？」と聞いたら，「ここだけいじった。ほかは触ってない」と正直に言ってくれたのですが，やはり現地の人もちょっと触りたいとかいうのがあったみたいです。

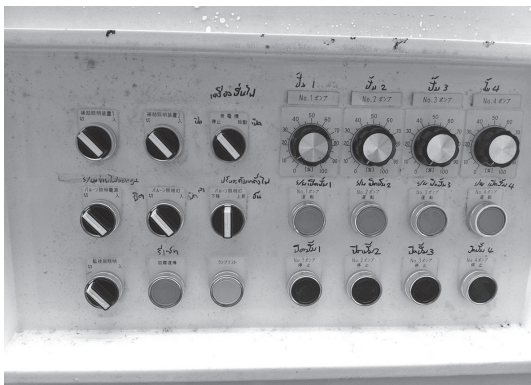
森川　盤の表示をタイ語にしたという話も聞きましたが，書き込んだりしたんですか。

岩崎　ロジャナ1はマジックで書きました。あとはガムテープに書いてから貼っていました。

宮島　2班もマジックで書きました。

森川　タイ語を書いてあげたのは，やはり向こうの人たちがそこは分かったほうがいいだろうという判断ですか。

岩崎　そうです。夜はその人たちに任せるわけですから。

照明を入れたり切ったりというところから始まったのですが，あとは「ごみが渦を巻くときは回転を下げてね」とかそういうのもあって，「書こうぜ」ということで書きました。

写真―4　操作盤へのタイ語表記

宮島　ロジャナ2では水深を適宜確認していました。1日1回ぐらい，絶対にポンプが着地をしないように。ロジャナ2は最初から水深が浅いというか，1メートル余りしかないところから吸っているので，どんどん下がっていきますから，ポンプ本体を移設したり，釜場を掘ったりという作業をするタイミングを図るため，1日1回ぐらいずつボートで，女性に水深を測ってもらったりしたのです。だから自分が班長をした現場で，ケーシングに穴が開いてしまったことは非常にがっくり来ています。

森川　それでポンプ車が全く使えなくなった訳ではありませんから気にしすぎることはないと思います。むしろ，水深の浅い現場でもそういった工夫で問題を克服して連続して排水した事実が重要でしょう。

神宮寺　ポンプも予備を，車1台に1基でなくてもいいですから，全体で2～3基載せていけば楽だったかもしれません。

〈燃料補給における現地の協力など〉

森川　燃料の補給のことは，東日本大震災のときには初期に燃料がなくて困りましたが，タイではそんなことはなかったのですか。いつも決まったこの時間に燃料を入れましょうという約束のもと，燃料の供給はできたのですか。

神宮寺　「自分のところでローリーを持っているから大丈夫だ」とか，現場に大きなタンクがあって，「そこに入れてあるから大丈夫だ」とか，そんな話をしていました。そこら中に置いてあるポンプがあるのですが，そのポンプもみんなその燃料を使っているんです。「それらのポンプにだって定期的に補給しているから大丈夫だよ」という話でした。

森川　本当にそのローリーが走ってきて燃料入れてくれていたんですか。

岩崎　実はロジャナ1だけローリーがなかったんです。実際には1日24時間で350リットルぐらいの燃料を消費していたので，1日に1回の給油でいいのですが，そうは言っても時間に遅れてくることもあって，これでは駄目だということで「1日2回必要だ」というのを強く言った。なおかつ，350リットルの3台分なので，1000リットル，ドラム缶5本分を常にストックさせた。絶対に切れ間がないように，ちょっと脅しを掛けながらやってもらいました。最後にはちょっとばれたのですが。「そんなに減らないじゃないか」と言われて「いやいや，それでも指示だ」ということでしっかりやってもらいました。初めはやはり信用できないこともあり，燃料切れで止まりましたというのは一番恥ずかしい話なので，そこは大きめに言いました。

森川　最後のほうは住宅地で活動しましたね。そういうところでも燃料は大丈夫だったんですか。

荒井　比較的大丈夫でした。ドラム缶で運んでいましたよ。

塩入　トラックの荷台にドラム缶を積んで，やはり１日２回巡回，受け入れ条件でそういうものを提示していたので，日々多少の時間の遅れはありましたが，それはきっちりやってもらえました。

写真―５　ドラム缶からの給油

新田　途中で供給者も建設協会から変わったんですか。

荒井　町が責任を持って燃料を出すから排水に来てくれという話でした。

森川　コミュニティーのほうもうまくいきましたね。よく向こうの協力を引き寄せたなという気がするのですが。

荒井　地元の人が工業省をつついていたらしいです。「うちの周りに水が多いのに何で吐いてくれないんだ」。どういう経緯で工業省にそういう連絡がいったのか分からないのですが，要請がありましたから行ってくださいということで，私に話が来ていました。

新田　バンコク都に隣接するノンタブリ県とかパトゥムタニ県では，浸水が長期化したため，相当不満が出ているという報道がありました。地元テレビにも工業団地での日本の排水活動が取上げられたので，期待もあったのでしょう。サイノーイ地区での活動は大歓迎されたそうですね。

川端　設置しているときに周辺の方が80人ぐらい集まってきたんです。ギャラリーの多さにびっくりするとともにプレッシャーもありました。

塩入　夜なんかも結構人が集まっていたみたいですよね。話に聞くと，バルーンライトが珍しいらしく，光に人が集まるのかいと。夜は夜で人が集まってくるみたいなことを言っていましたね。

川端　バルーンライトを３台とも点灯したら，かなり広い範囲で明るくなって確かに宴会できるものね。

塩入　平場で明るくなるので。夜に写真を撮りに来る人もいたとか，そんな話を聞きました。

写真―６　バルーンライト点灯下の夜間作業

新田　北陸地整局がはじめに装備したと記憶していますが，バルーンライトは，今や標準装備になったんですか。

森川　近年購入したものはほぼ付いています。

川端　北海道開発局の排水ポンプ車は付いていませんでしたが，夜間に排水状況を管理するうえでとても良いということで，全車取り付ける方向で動いております。

〈排水ポンプ車について〉

森川　ポンプ車の装備のことに関して御意見がありますか。現地で動かしてみた限りでここが弱いなとか，ここは見直すべきみたいな話があったらお願いします。少し重くなっても丈夫にするべきという意見をお持ちの方もあるようですが，その辺も含めて，思うところがあればお願いします。

川端　土砂混じりの水を排水する場合アルミでできているポンプのケーシングが減りますよね。そのような条件の現場に持っていくのであれば，多少重くなっても材質等を変えるなど丈夫なほうがいいのかなと思います。

塩入　確かに国内はある程度内水排除ということなので，水質が悪いところに行く前提ではないというところと，狭いところでも作業性がいいというので軽量化したポンプになっているのでしょうが，海外だったら人もたくさん手配できるのだし，軽さではなくて耐久性を重視したほうがいいとは思います。ただ国交省の本来の目的は海外用ではないので，そこをどうやって国交省として保有していくかというのはまたちょっと別になるのかなと思います。

新田　国交省では，内水対策に迅速対応するために軽量化設計を採用しているので，これは変えなくていいと思います。今後，日本の技術を海外に紹介する場合には，設計思想について説明する必要があると思います。

塩入　そうですね。その辺のスペックは状況が異なっ

てくるのかと思います。

岩崎　弱いところはケーシングの羽根と当たるところだけなんです。そこを変えるだけだと思います。結局1人で設置をすることはほとんどあり得ないのは日本国内でも同じですね。僕は30 kgにこだわる必要はないのかなと思います。じゃ，何kgがいいんだというと限度が難しいですが，当初は1人で作業ができるようにというので30 kgというのを決めたと思いますが，丈夫になるなら日本仕様でも31 kgでも32 kgでも何ら問題はないのかなと。

荒井　実際ホースを付けるとそれ以上になるのですよね。

神宮寺　そしてケーブルも重たいんですよね，ポンプは手で持ちケーブルは肩に担いで運ぶのだけど，1人では足場の悪いところは大変です。

岩崎　それで結局2人とか3人で作業することになります。

新田　ケーブルの軽量化ができると良いのですが，技術的には難しいのでしょう。

塩入　キャブタイヤケーブルだから特注品になってしまうのですよね。その仕様でつくるので，時間もかかりますよね。

宮島　水中仕様のコネクターの開発が必要なようです。

森川　脚の部分が折れることも結構ありましたね。

岩崎　メーカによると，軽量化による弱点がそこに来ているのではないかという話でした。丈夫にしたいなら，いっそのこと脚をなくしてしまえばいいのです。

ケーシングの形は下だけ真っすぐ平らにしたらそのままぱっと置けるんですよね。わざわざ脚を付けて出っ張っているから引っ掛かるのであって，脚をなくしたら一番いいのかなと思います。

もうちょっとひどくいくと脚だけが折れるのではなくて，ケーシングにつながっているので，ひびが入って，モーターに水が入るので危ないのです。

だからいっそのこと脚はなしでいいかなと。

新田　ポンプが軽いというのはやはり評判良かったのでしょうね。

川端　それとポンプ車の発電機がとても静かだと非常に評判が良かったです。ナワナコン工業団地でも後から追加で別のポンプを設置するため，大きな発電機を持ってきたら会話ができないくらいとてもうるさかったです。

神宮寺　工業省はすごく喜んでいましたよね。音も静かというのもあるかもしれないけれども，モバイル性がすごくいい。1台でコンパクトにどこへでも行ける。他の物は何も要らないじゃないですか。現場に行っても工業省がいかにも自分の車のように相手に「この車は高性能でとても機動性も良い」と，すごく自慢げにしゃべっていました。

荒井　現地では工業省の人が英語で説明するのに，よく「モバイルポンプ」と言っていました。持ち運びが非常にしやすい。

神宮寺　タイで使用しているポンプの場合はトラックに発電機を積んだり，ホースを積んだり，ポンプを積んだり，みんなばらばらに，しかもトラックに載せて運んでいかなければいけない。行ったら燃料の心配をしないといけないのだけど，日本のポンプはすべてがコンパクトに一つにまとまっていて，ポンプ車が現場に行くだけでそこで作業ができる。非常に使い勝手がいいと言っていました。

新田　最初はあの軽さは，タイのゼネコン技術者に信用してもらえなかったのです。でも，使ったら分かる人はみんな驚いたと思います。そんな軽いポンプ他にはないですものね。

神宮寺　水位変化が分かるように電柱にも毎日毎日水位を入れたじゃないですか。あれも痕跡がちゃんと追えるのでわかりやすかった。

岩崎　水位をちゃんと測れるように，1メートルぐらいの物尺は積んでおくといいですね。あれが毎回現場でどうやろうかというところで考えた。

神宮寺　スタッフ（アルミ製等の箱型ものさし）か何か入れておけばそれをすぐに使える。

新田　電柱にガムテープを貼ったのは，日本から見ていても本当に分かりやすかったです。すごく効果があるなと。

写真―7　ガムテープで水位確認

岩崎　工業団地の人で毎日それを見に来ている人もいました。「今日はこれだけ下がった」というので，非常に分かりやすかった。

宮島　調査班の宣伝がよくて，浮き輪タイプのポンプ

は現地の人にとって珍しかったようです。内水の水位が下がっていってもポンプはフレキシブルに追従して，ホースも可撓性があるからちゃんと追従して，常に一定の性能が発揮できると相当説明しているものだから，日本のポンプはそういうところを評価されていた。

岩崎　浮くポンプというのはなかなかないですよね。タイでもドラム缶を使ってやっていましたが。

新田　ロジャナでやっていたドラム缶の上にちょこんと１個ポンプが載っているものと比べたら，能力からすれば日本のポンプはあれの数倍ですから，そういう意味ではすごくスマートで，コンパクトです。あんなに小さい浮き輪でつり上げられて，あれだけの高性能のポンプは度肝を抜いたと思います。

写真―８　ドラム缶をフロートにしたポンプ

写真―９　日本のポンプと浮き輪

日本の技術が国際貢献したというのを知ってもらう意味では。最近，海外との競争で日本企業が苦戦している中で，すごく評価されたことは誇らしかった。

森川　今後のポンプ車の仕様を見直すべきところにつながるような話があれば，少し挙げていただけますか。

岩崎　僕も報告させてもらったんですが，天然ダムとかそういうときでも，タイのときにも話が出たのですが，ポンプを発電機と盤とかを分離して運ぶ・運べないというのが絶対どこでも出てくる話ですよね。僕は実際にこの仕様の車を事務所で管理したことはないですが，分離できるような仕様がどこかの事務所に配備されているとかではないんですか。

森川　あります。いくつかの地整で分解できる仕様を導入しています。

宮島　北陸では，分解可能な高揚程ポンプを中越地震直後に研究し，何年か前から調達しています。分解し，ヘリコプターで空輸ができるようになっているんです。

岩崎　そういうのもあれば空輸できたのかなとか，もっと早く。

分解できるやつを10台とかある程度そろえておいて，何かのときはそれを持っていくぞとなれば，とりあえず５台は空輸で送ってあとは船便とか，そういうことができるのかなと思って。発電機は工業団地側が用意して，制御盤とポンプだけなら，ナワナコンでもすぐに運んでいけたかなという気はします。それから，最新で入ったポンプのストレーナーは結構分厚い３ミリぐらいの板なので，つぶれないんです。詰まることはあるのですが，つぶれない仕様なので，それはいろんなことから経験して対応ができてきていると聞いています。また，車載工具としては，今はちょっとした工具でいいのと，あとはホースとホースをつなぐところにゴムパッキンが入っているんですが，あれがないところが結構あったので，そういうのを入れておくと。一番初めは予備品で入っているのですが，それがなくなるとそのままで，あれは結構なくなってしまうのです。

新田　外国製のホースで，クランプのところだけ国際規格に合うようなものだけ用意しておけば，現地でサニーホースみたいなものを調達し対応できる。超軽量のパルジェットホースが不足しても大丈夫ではないでしょうか。

宮島　あと，夜間も作業をしていて，バルーンライトもつくので虫がいっぱい入ってくるんです。最後，現地で清掃してもらったんですが，私の経験だと，宮城・岩手のときにポンプ車を東北地整の山の中で６月～７月に動かしたのです。制御盤，インバーター盤の中に，ものすごい虫が，カミキリムシとか羽虫みたいなのがいっぱい入っていて，清掃がしきれないのです。メーカーは「絶縁が保証できません」との見解でした。普通の内水排除だと雨天が多いので，夜中に使っても虫があまり来ないとか，梅雨期の内水排除だと気付かないのですが，天然ダム対応とか今回みたいに晴れている日が長く，夜間も運転時間が長いと結構虫が入ってくるので，今回，掃除をして制御盤，インバーターの

機能は保証されるのかなというのはちょっと気になっています。

〈海外での支援活動のための準備について〉

森川 今後も国際支援の話が，当然あるだろうと思いますが，国際貢献の人選とかどう考えますか。皆さんはもう一回声が掛かればまた行きますか。

神宮寺 行きたいけど，行きたい人は他にも大勢いるように思います。

塩入 経験したい人は大勢いる。均等な機会を考えた方が良い。

森川 皆さんが大変な思いをしただろうとは，多くの人も私もそう思っていますが，皆さんの中ではそれ以上に良かったという感想でしょうか。

神宮寺 仕事をしてとても喜ばれた。タイの人々のために役立ったいい仕事をしたと思います。日本にいると仕事をしても喜ばれることはあまりないような気がする。

新田 ものすごく歓迎されたことは嬉しかったし，士気も高まったと思います。非常に歓待もされましたが，結果的に成果を挙げて喜ばれたことに手応えを感じたのだと思います。

神宮寺 タイと日本はよくお友達だって言うじゃないですか。日ごろから技術でも何でもいいですが，情報交換や，技術交換などを行い交流を深めておくともっと情報のやりとりも楽だし役に立つと思う。

現場の工夫かどうか分かりませんが，燃料の話は事前に調べておかないと走れないということが分かりました。日本で使っている軽油はこれだよと規格を持っていってそれを出したのです。そうしたらタイの部隊からは，「うちはシェルを使っていて大丈夫だ」という話で向こうの成分表も取ってくれました。そこの1社が大丈夫ならほかも大丈夫だろうと思って見ていました。

発電機は自動車エンジンほど燃料成分に過敏でないので，港から現場まで走ればとりあえず大丈夫だろうと思っていたのです。しかし，よくよく調べたら，船に載せるときに燃料は全部抜くということでした。

だから現地では満タンになって来ているのだろうか，別の燃料をタイで入れられたらどうするんだろうかとまたちょっと不安になってしまいました。そんな不安があるので，相手国での燃料は確認しておかないとちょっと怖いかなと思いました。

森川 道路を走るということに関して言うと，今回は全部先導車で現地では走りました。向こうのナンバーか何かを取って走れば先導車がなく行けてもう少し楽だったのにという話もありましたが，そこは向こうで日本でいう車検を取っている間に水位が下がってしまうかもしれないというので，誘導してもらうことを選択しました。

写真─10 先導付きの移動

荒井 それはまたケース・バイ・ケースなのでしょう。逆に先導があったから安全に走れたと言っていた人もいました。

森川 今回はいろいろ現地で必要なものを，JICA が的確に対応してくれたと感じましたが，予備品とは別にして，持っていったほうがいいと感じたものは何かありますか。日本だったらすぐに調達できるようなものは向こうでもすぐに調達してもらえたのですか。

神宮寺 東日本大震災のときには，水もなくて，自分たちでいろいろなことをやっていました。今回タイでは JICA の方々がホテルから何からすべてロジを組んでくれて一生懸命やってくれたので，不自由な事はなかったです。

機材とかテントをはじめ日用雑貨品までみんな向こうで段取ってくれて用意してありましたので，特に私自身はこれが必要だった，足りなかったというものはないような気がします。

〈今回の活動に加わった感想〉

森川 今回，皆さん行く前は相当不安だったのではないかと思います。しかし，帰ってきたときには，日焼けしていたこともありますが，皆さんがいい顔をしていました。行く前の気持ちと帰ってきてからの気持ちの違いとか，職場に帰ったときに海外での経験を周りの人に勧められるかどうかということについて，活動を通じて感じたところがあったら最後に一言ずついただきたいと思います。

新田 私の場合は準備期間が大変に短かった。緊急援助隊はそういうものかもしれません。指示されたらすぐ行けるように常に備えていないといけないのかもしれない。私の場合の反省点は，予防接種を何も打たずに行くことになってしまった。予防接種とかそういう話については，これから国交省がもし緊急援助隊でや

るならば，あらかじめ少しノウハウをまとめておいたほうがいいのではないか。こういうものを受けるとか，応急処置をするためのセットを持っていくとか，そういうものはあったほうがいいのではないかというのは感じました。

派遣するときに，絶対持っていくべきものの情報ぐらいはぱっと提供されると悩まずに済んだと思う。

地図はしばらくしてから買いに行きましたが，地図は現地で調達するしかないのかもしれませんので，そこは一つ工夫が要るのかなと思います。JICA のサポートも優秀で日本とちゃんと連絡が取れる手段さえあれば，それ以外は特に不安はありませんでした。

神宮寺　当初，タイの国のこと自体をよく知らなかったので，渡航前の予防接種のこともあって，病気のことなどがすごく不安でした。行って何をするのかも分からなかったこともあったので，非常に不安でした。行くまでの時間が 1 週間もない話だったので短くて，何を用意したらいいのかも分からなくて，言われたからしょうがないんだろうと思いつつ準備して行きました。

現地に行って作業をしてみると，ロジはきちんとしているし，東日本大震災の時より設備や生活の面は充実していました。現地ではそれぞれ初めて会う人だったのですが，日本の代表で来ているんだという意識で作業をしていくというところでは，一つの目的に向かってみんなで意思疎通をしながら作業ができた。向こうに行ってからは，心配は何もありませんでした。逆に，こっちに残された自分の家族が大丈夫かなという心配ができるぐらい余裕がありました。

パソコンは通信がつながらないことがストレスで，それはネックになってハードだったかなと思っています。

宮島　私が行く前に神宮寺さんが先に行くというのは，たまたま聞きました。「北陸地整からの派遣はずっと後です」と言われて，安心していたのですが，意外と早く回ってきて，誰も行く人がいないので行くことになったのですが。実際どこで不安が解消されたかというと，本省のレクチャー，事前のブリーフィングで「あなたの役はこれです」と。どこで何をするのかが分からなければ不安ですが，活動地域と業務内容の説明が本省からあり，ほぼ不安は解消されました。

あと，本省のブリーフィングのときにも言ったのですが，権限と責任というのがあって，たまたま今回は事故が起きなかったからよかったのですが，もし事故が起きたらどうなったのかなというのは今でももやもやとしているところがあります。最悪の場合を考えて，そこら辺の不安も解消していただけるような裏付けがあるといいなと思います。

岩崎　僕は現場の事務所の所属なので，情報が伝わってくるのに結構時間がかかるんです。課長に行って，事務所長に行って，支所長に行って，僕のところに来る。言われたときには二つ返事で，「すぐ行きます」という話でした。僕は班員だろうと思っていたのです。東京へ行って説明を受けると班長だということで，「これは僕にできるのかな」と。ほかの皆さんがみんな課長補佐ばかりなので，そんなことを僕がやっていいのかなと実際不安でしたが，現場に行けばもうやるしかないので頑張らせてもらいました。

やはり事前の情報は僕たちには入ってきたのですごくありがたかったです。僕たちの後に来る人のために僕ができることがないかといったときには，リポートを毎日書いて，日本に送っていました。情報共有は大事だと思うので，そういうのは今後，誰が行ってもできる体制と，情報を共有できるシステムづくりは非常に大事かと思いました。

それから，体制づくりということで，帰った後で JICA のホームページを見ていたら，「国際緊急援助隊」というのは，例えば医療チームなどは，自発的な意志に基づいて，事前に JICA に登録されているらしいです。もし今後もこういうことがあるならば，国交省でも TEC－FORCE 隊員は登録されていますよね。あらかじめ TEC－FORCE 隊員の中の研修の一環でもいいですが，海外に行ったときにはこういう状況があるという説明が入っているとだいぶ違うと思います。

川端　派遣が決まってからの準備期間が意外と短く，業務の引き継ぎ，予防接種，激励会，本省打合せ，荷造り等であっという間に時間が過ぎたおかげで不安に思う時がありませんでした。不安に思ったのは，タイ行きの飛行機に無事搭乗して落ち着いたときに自分でできるかなと若干の不安はありました。ただ活動が進められている状態でもあるので現地までたどり着けば何とかなるだろうと考えるようにしました。また，前任者の岩崎さんから現地での引き継ぎも 2 日間と十分な期間があったので作業をスムーズに行えました。また，班体制で海外経験があるゼネコン，ポンプメーカの方がいて，それぞれのアドバイスが大変助かりました。国際緊急援助隊という初めての経験で，現地の洪水状況を目の当たりにして気持ちがかなり高ぶっていましたが，安全や機械を故障させないための冷静な判断ができ，事故がなく，また機械を壊すこともなく活動できたと思います。

タイの方々と協力して，ポンプの設置を行い，排水

写真―11　サイノーイ村の人々

作業を始めて路面が出てきたときの達成感と，タイの方々がとても歓迎してくれたことがとても嬉しくモチベーションが上がりました。また，日本では当たり前と思っていたポンプ車に関する技術が海外でも通用し，又必要とされる技術であるとわかり，自分の仕事に誇りと自信が湧いて来たことがよかったです。

荒井　僕はほぼ後半戦，最後までいさせていただきました。不安な点については，私は東南アジアが初めてで，もちろんタイも初めてですが，そこで仕事をする。日本の機械を持っていってそれで排水作業をするというので，前に行った下館の小貝川で排水するのとは訳が違うのではないかと思って，それがうまくいくのかという不安がありました。生活も食事も違うし，健康面での不安は，行く前はありました。

実際現場に入ってしまえば，後半戦だったので皆さんのやっている仕事を引き継いだので，特に不安もなく，泊まっているホテルも食事も問題なく，結果的には快適に仕事ができた。ただ，調査チームの仕事としては，後半戦には若干ポンプが動いていない時間があって，もう少しサイトハンティングを効率的にすればよかったとは，今振り返ってみると思います。やっているときは一生懸命だったので気が付かなかったですが，それが最後，ちょっと心残りではあります。

あとは地元の人，特にサイノーイとかプライバーンなど小さな町や村で排水して，地元の人に非常に明るい笑顔で感謝されたので，非常にやりがいがあったなということで帰ってきました。

塩入　最初は当然知らない国に行って仕事をするということで不安はあったのですが，直属の上司の神宮寺さんが先に行っているもので，行けと言われれば断ることもできず，あとは神宮寺さんが帰ってきてから1週間ぐらい話を聞ける機会もあって，そのときに「現場は全然心配ないよ」という話もいただいていたので，そういう面では何とかなるかなという思いもありました。

最初に話をもらったときは不安はあったのですが，いろいろと情報提供をしてもらったので，だんだん不安という部分は薄れていきました。すぐ近くに同じことで行った人がいたということは，精神的にはだいぶ楽になった面はありました。

行ってからも，最後のほうだったので，前任の川端さんからもいろいろレクチャーを受けたり，班員のゼネコン，ポンプメーカを含めて流れがもうできていますので，比較的苦労することもなく，すんなり中に入って一緒に作業できました。最初に行った人たちは非常に苦労があったと思いますが，そういう面では最後のほうで，軌道に乗った状態だったので，前のほうに行った人たちよりは環境的には整っていてよかったところはありました。

荒井さんからもあったとおり，地元の村の中で排水していたので，非常に喜ばれて，これは本当によかったな，こういった作業に携われてよかったと率直に思いました。関東地整でも「いいな，行きたいな」と言っていた人はいましたので，行きたい人は結構いるのではないでしょうか。感想を含めて以上です。

森川　ありがとうございました。最初に話があったように，喜んでいる顔が見られて，久しぶりに喜ばれる仕事をしたという話が結構大きかったのかなという気はします。最初は心配をしていましたが，皆さん元気に，けがもなく帰ってきたのが一番よかったと思っています。ポンプ車も，派遣したときは10台持っていたうち1台廃車のようになったらどうしようとか考えてもいましたが，そういうこともなさそうなので安心しました。

写真―12　座談会参加者

本日は，長い時間に亘って，いろいろとお話を聞かせていただきありがとうございました。

JCMA

特集>>>　エネルギー・エネルギー施設

21 世紀のエネルギー，天然ガス

天然ガスの埋蔵量の急増と LNG 需給への影響と展望

伊　原　　賢

国際エネルギー機関（IEA）は 2011 年 6 月，世界が「ガス黄金時代」を迎えたとするレポートを公表した。そのシナリオによれば，世界の天然ガス需要は 2035 年に 08 年比で 62％も増加すると予測している。エネルギー全体の需要が年率 1.2％で増えるなか，天然ガスは年率 2％と約 2 倍の勢いで伸び続け，エネルギー構成での役割が飛躍するとの見方だ。それを支えるのが，地下からの回収がこれまで難しいと考えられていた「非在来型天然ガス」の存在である。

キーワード：化石燃料，天然ガス，非在来型，シェールガス，埋蔵量，LNG（液化天然ガス）

1. 非在来型天然ガスとは何か，その可能性は？賦存環境

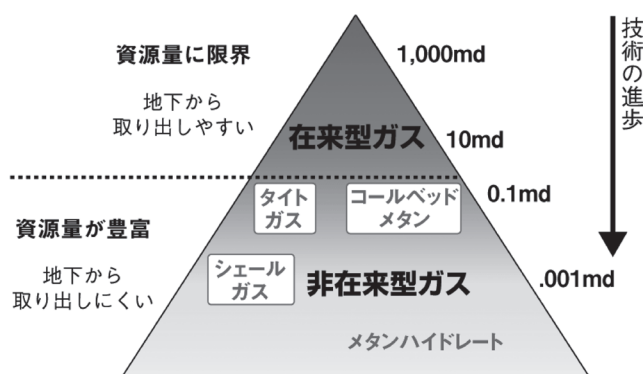
エネルギー需給のひっぱく懸念，技術の進歩に伴い，地下からの回収が難しいと考えられていた「非在来型」の天然ガスが，シェールガス（**表― 1**）を中心に注目されている。天然ガスは化石燃料のなかでは，同じ発熱量に対する二酸化炭素の排出量が少ないため（石炭 100：石油 80：天然ガス 55），天然ガス供給増への期待感の高まりと見てとれる。開発ブームの先駆けと

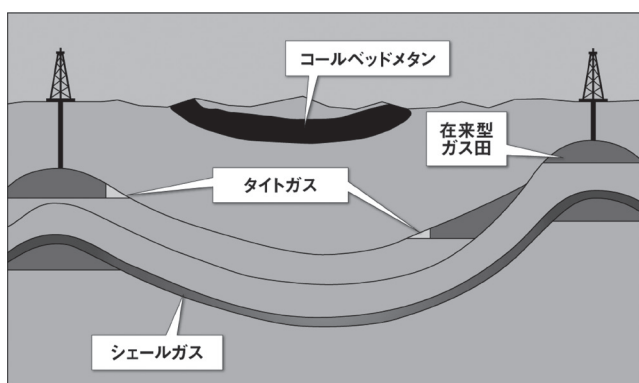
表― 1　シェールガスとは？

質問 1. そもそもどんなガス？性質・特徴・液化天然ガスなどとの違いは？
・メタンが 90％以上の天然ガス。
・日本へ輸入されている液化天然ガス（LNG）はエタンやプロパンも少量含有する高発熱量 LNG（> 1,085 Btu/cf）が主流。これに対し、シェールガスは低発熱量に分類。
質問 2. どういう場所に、どんな状態で存在？色は？
・地下 100 ～ 2,600m に眠る固く、薄片状にはがれやすい頁岩（けつがん）（シェール）にガスが含まれる。泥岩の一種。地下深く、圧密作用を受け石油や天然ガスの根源物質が熱分解を起こし、微細な割れ目（ガスの流路は $10^{-18}m^2$ と、そのままでは取り出すこと不可）に閉じ込められたガス。2000 年代に入り強い圧力（500 ～ 1,000 気圧）の水をあててシェールに人工的に大きな割れ目をつくり、ガスを取り出す技術（水平坑井、水圧破砕、割れ目の広がりモニタリング）が確立。水圧破砕には一つの坑井に多量の水（3,000 ～ $10,000m^3$）を用いるので、水の確保や坑排水処理に課題。
・ガスは無色。
質問 3. 世界ではどこの国などに埋蔵されている？
・世界の資源量 16,000Tcf。うち 20％が地下から回収できるとすると 3,200Tcf もの埋蔵量。北米の資源量は 3,800Tcf。米国の埋蔵量 500Tcf 以上。カナダでも生産開始。ほか中国や欧州で商業生産検討中。
・ちなみに、2009 年世界の天然ガスの確認残存埋蔵量は 6,400Tcf（米国は 240Tcf）。
質問 4. 最近、米国で採掘？なぜ？どのくらいの量？
・米国では取り出しやすい（在来型の）ガス生産が減少。カナダからのガス輸入も減少。LNG輸入も検討したが、自国に豊富に眠るシェールガスの資源量に注目。
・取り出す技術の適用ノウハウが急速に進歩し、産出価格も低下。
・2008 年世界の天然ガス消費量 106Tcf（米国 23Tcf、日本 3.3Tcf）。米国のシェールガス生産量 1.7Tcf（日本の消費量の半分以上）。
・「米国発のシェールガス革命」とも呼ばれ、米国の非在来型ガス産出量は全産出量の 50％超。米国のガス生産量（2009 年 21Tcf）はロシア（20.5Tcf）を上回り、世界一。
質問 5. その影響が世界で出ている？日本は？
・天然ガスは化石燃料のなかで同じ発熱量に対する二酸化炭素の排出量が少ないため（石炭 10：石油 8：天然ガス 6）、天然ガス供給増への期待感が高まる。
・天然ガス全体の供給が増え、ガス価格の安定につながる。
・日本は地質年代が新しいため、シェールガスの商業生産は期待薄。

単位：1Btu=0.252kcal、cf=立方フィート、1フィート=0.3048m、Tcf =兆立方フィート
出所：筆者作成

なった米国では，「シェールガス」の供給量と埋蔵量の伸びが大きいため，世界の天然ガス市場の4分の1を占める「米国内のガス需給見通し」が近年一変した。

非在来型天然ガスには，現状，タイトガス・コールベッドメタン・シェールガス*1という三つの開発対象があるが，その期待される資源量は膨大だ（**図—1**）。2008年には米国の天然ガス日産量562億立方フィート／日（年間20.56兆立方フィート*2）の50％が非在来型天然ガスだったことは世界中のエネルギー関係者に衝撃を与えた。

図—1　天然ガスの資源量トライアングル

図—2に非在来型天然ガス資源の賦存環境例を示す。米国のテネシー州とアラバマ州にまたがるチャタヌーガ堆積盆地では，非在来型天然ガスの3点セットであるタイトガス，コールベッドメタン，シェールガスが確認されている。

図—2　非在来型天然ガス資源の賦存環境（米国のチャタヌーガ堆積盆地）

2. どういった経緯で登場したのか？

非在来型天然ガスの登場は，「1980年以降の米国内ガス供給の動き」を時間軸で追うとわかる。産業用へのガス使用拡大を目指し，連邦政府や州税の控除対象として80年代から注目された砂岩からのタイトガスの開発には，垂直井に水圧破砕を施しガスを産出していたが，最近の対象は炭酸塩岩・火山岩・石炭層・シェールに広がりを見せており，水平坑井*3や多段階の水圧破砕*4が適用されるようになってきた。北米を中心に90年代初頭にはコールベッドメタンにも注目が集まった。その効果があって生産余力は1986年に日量160億立方フィート／日まで膨らみ，1985年から2000年までガスバブルの時代を迎えたのだ。バブル期の1995年にはガス価は$1.58/MMBtu（1 MMBtu = 25.2万kcal）まで下がって需要が伸び，生産余力は40億立方フィート／日まで落ち込んで，米国の天然ガス消費の伸びをどう支えるかが課題となった。2000年に入ると，LNG輸入も念頭に入れつつも，その救世主としてシェールガスに注目が集まったのである。

3. 技術的回収可能資源量の増加

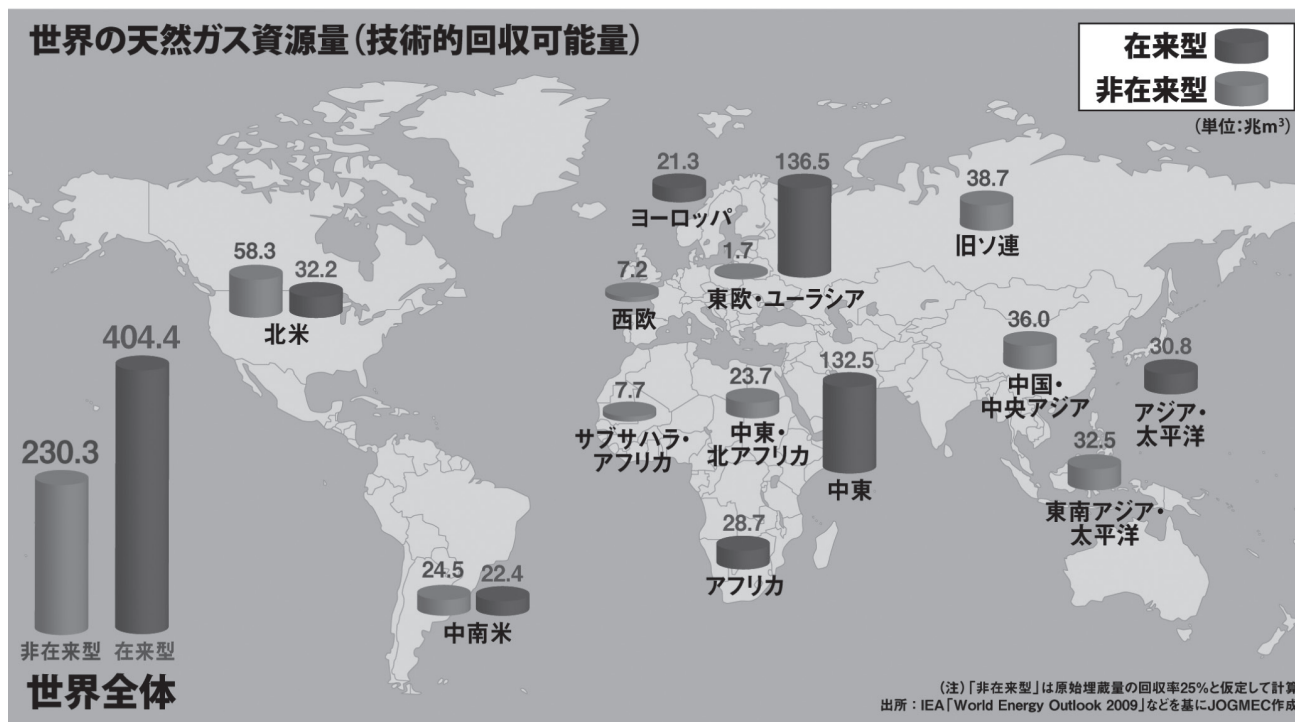
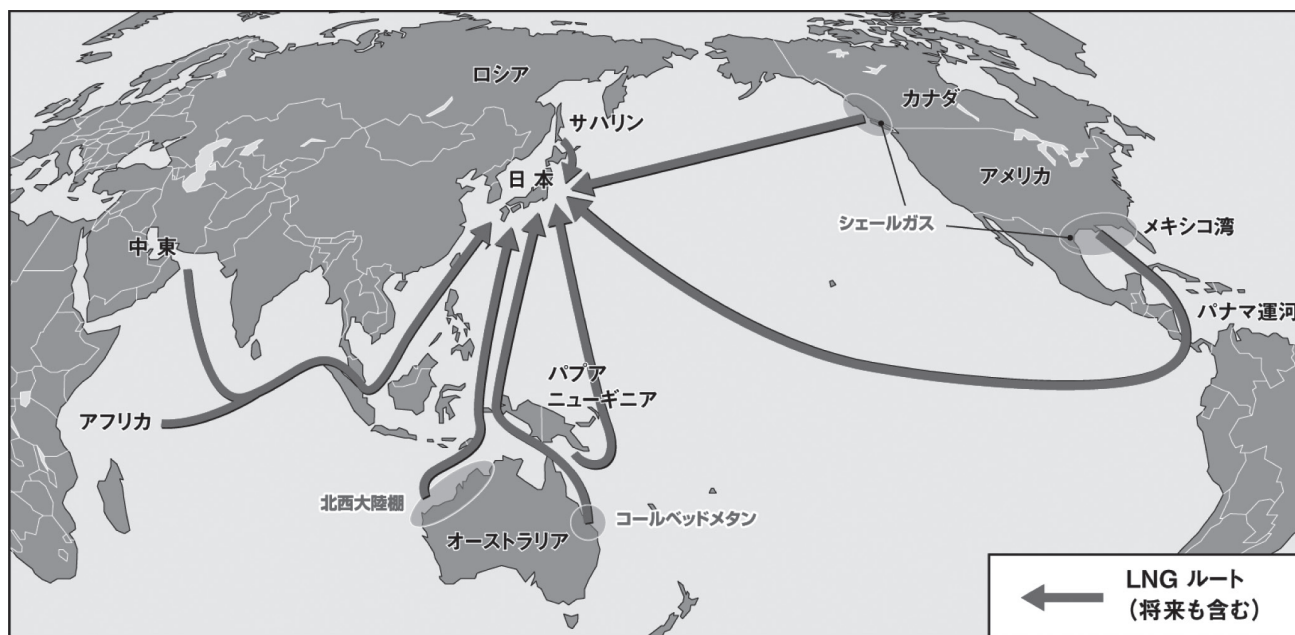
技術の飛躍的な進歩により，世界中に眠っている膨大な量の天然ガスの存在が明らかとなり，非在来型ガスの技術的回収可能量は230.3兆立方メートルと試算され，少なく見積もっても，残された在来型（404.4兆立方メートル）の60％弱も存在することが明らかとなった（**図—3**）。「技術的回収可能量」の半分が経済合理的に地下から取り出せるとすると，世界の天然ガスの可採年数は在来型ガスの残存確認可採埋蔵量をベースとした60年から，少なくとも160年を超えるのは確実になったと言えよう。

---

*1　タイトガス：浸透率0.1ミリダルシー未満の砂岩に含まれる天然ガス
1ミリダルシー＝ 9.87×10^{-16} m²
コールベッドメタン：石炭層に吸着したメタン
シェールガス：タイトガスよりも浸透率が2桁以上低い（0.001ミリダルシー未満）泥岩の一種である頁岩（シェール）に含まれる天然ガス

*2　1兆立方フィート＝283.2億立方メートル＝LNG換算2,100万トン
1フィート＝0.3048メートル

*3　石油や天然ガスの閉じ込められた岩石の層に沿って掘削される井戸（坑井）のこと。通常の垂直・傾斜井に比べ，岩石との接触体積が多く取れるため，一坑当りの生産量を数倍に増やすことができ，80年代後半より広く，石油開発に使われるようになった。石油や天然ガスの地下からの回収率を向上させる万能薬とも言われる。

*4　原油や天然ガスが存在する地層に圧力をかけて作った人工的なフラクチャー（割れ目）により，原油や天然ガスの流れにくさを改善する技術。坑井を介して，水・酸・合成化合物から成る流体に圧力をかけて作られた地層の割れ目に，流体に混ぜた砂の粒子を圧入・保持させることで，圧力を除去した後も割れ目が閉じないようにする。1940年代後半に開発され，60年強の歴史がある。その後の技術進歩に伴い，地層に沿って段階的に作ったフラクチャーの分布もモニタリングできるようになり，シェールガスといった非在来型天然ガスの生産増に大きく寄与している。

図―3　世界の天然ガス資源量分布（技術的回収可能量）

図―4　日本への LNG 供給ソース

4. 環境への影響

シェールガスの開発業者にとって，ガス井掘削活動の維持拡大のため，水圧破砕と帯水層汚染との因果関係の解明は喫緊の課題となっている。それは，水圧破砕に用いられる多量の水やポンプ類の移動があるからだ。周辺環境として人口の密集は開発を妨げる要因となる。天然ガスの開発・生産活動は，浅部の帯水層や地表の水源を汚染するリスクをはらんでいる。干ばつ時の掘削やフラクチャリング用の水の確保はコスト面から容易ではない。規制や検査，関係機関との連絡調整がリスク軽減に必要だ。それらをクリアした上でシェールからのガス生産は可能となるだろう。

5. 今後の課題（非在来型が天然ガスの主役になるか？）

この「シェールガス」という非在来型ガスを開発す

る動きは，世界的高まりを見せている。まずは，カナダ・欧州・中国ほかへの開発技術ノウハウの伝播が注目されるところだ。当地での開発課題となる技術・インフラのリスクと，それらがガスの生産コストに及ぼす影響に注目すると，伝播の速度が見えてくる。世界の非在来型ガスの生産レベルは，2008年で石油換算400万バレル／日強とLNGの市場規模（8兆立方フィート，1億6,800万トン，世界全体ガス消費の7.5%）と拮抗しながら上昇を続けている。シェールガスの登場によって増えた「世界のガスの大供給余力」は，原油価格にリンクさせているLNGの価格フォーミュラに変革を与えると思われる。日本もその恩恵を受け，現在の長期契約の取引形態も変わるかもしれない。

シェールガスの登場により，国内のガス生産が増えた米国ではガス価格は$3/MMBtu近辺で低迷するも，欧州とアジア圏ではその4倍，5～6倍程度と高値で推移している。そのため国産ガスをLNG化して，米国のメキシコ湾から輸出する計画が現実味を帯びている。カナダ産のシェールガスも2015年以降のアジア市場への輸出を意識して開発が進められている（**図—4**）。

JCMA

《参考文献》

1）日刊工業新聞「シェールガス争奪戦」，2011年9月30日出版，伊原賢 著

2）月刊科学雑誌「Newton」2012年1月号，大特集 電力とエネルギー，伊原賢 協力

[筆者紹介]
伊原　賢（いはら　まさる）
㈱石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）
上席研究員

特集>>>　エネルギー・エネルギー施設

高効率・高信頼度の電力供給システムの開発
スマートグリッド技術

小　林　広　武

太陽光発電等の再生可能エネルギー利用電源の電力系統への円滑な導入と有効利用，エネルギーの効率的利用，省エネルギー等，環境問題や電力供給力不足問題への有力な対応策の一つとして期待されているスマートグリッド技術について，㈶電力中央研究所の取り組みを中心に，研究開発状況と今後の課題について示す。
キーワード：スマートグリッド，太陽光発電，系統連系，電力品質，余剰電力，HEMS，HP 式給湯機

1. はじめに

低炭素化社会の実現に向け，我が国では，太陽光発電（PV）を中心とした分散形の再生可能エネルギー電源の電力系統への導入が進められている。一方，これによって，送電線や配電線といった電力系統の電気の品質，事故時の安全性，および安定性が低下する可能性がある。このため，将来に渡って，電力系統と調和の取れた導入と有効利用を図るためには，電力系統側，分散形電源を含めた需要家側ともに，新たな対策が必要になるものと考えられている。また，3・11 震災後は，供給力不足により，エネルギー有効利用や省エネへのニーズが更に高まっている。

これらの課題への対応として，情報通信により，電力系統，分散形電源，需要家間を有機的に結び，全体で効率よく安定的にエネルギーの供給・利用を図るスマートグリッドへの注目が高まっている。国レベルでは，2009 年度から 2010 年度にかけて，政府補助事業を中心に，スマートグリッドに関わる各種の実証プロジェクトが開始された。これに先立ち，電力中央研究所（電中研）では，2003 年度より，PV を中心とした分散形電源大量連系時の技術的課題の解明と，配電レベルでの対策技術開発として，通信やパワーエレクトロニクスを活用した次世代形配電システムである「需要地系統」の研究開発を進めて来た。さらに，2008 年度からは，PV 5000 万 kW 超の将来の系統全体への大量導入に対応するための技術として，送電系統や，負荷調整などの需要家側の対策を含めた将来の電力供給・利用システム「次世代グリッド」の概念を提案し，総合的な研究・開発を進めている。

本稿では，再生可能エネルギー電源のうち，我が国で最も大量に導入されることが見込まれている PV に焦点を当て，大量導入時の電力系統運用上の課題，ならびに，対応策として，電中研が提案している次世代グリッド技術を中心とした日本型スマートグリッドのコンセプト，および，その中の要素技術である，需要地系統技術，PV 余剰電力対応の需給一体化形運用・制御技術，通信ネットワーク技術等のこれまでの研究成果について述べる。

2. 日本の電力供給システムと PV 大量導入時の課題

(1) 電力供給システムの現状

現状，電力会社では，天気予報や季節・曜日などの情報をもとに翌日の需給計画を立て，当日運用においては需要と供給のバランスを常に保ち，電圧や周波数が適正値になるように各発電設備の運転を行っている。また，送電線や配電線からなる電力流通ネットワークでは，各需要家に品質の高い電気を安全に送り届けることができるように，落雷などによる事故時を含め，時々刻々変わる系統状況に対応した的確な監視制御を行っている。これらにより，わが国の電力系統は，これまで世界一の供給信頼度を保ってきた。

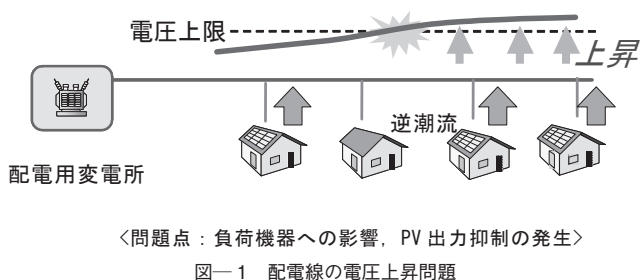
(2) PV 大量導入時の課題

このように高い供給信頼度を確保しているわが国の電力系統だが，PV を中心とした分散形電源が大量に導入された場合には種々の問題の生じる可能性がある。PV については，その導入ポテンシャルの高さか

ら，国では2030年までに住宅を中心に5300万kWの導入を目標（2011年5月時点）としているが[1)]，この5300万kWという値は，電気事業用の全発電設備容量の2割を超えた大きな量となる。

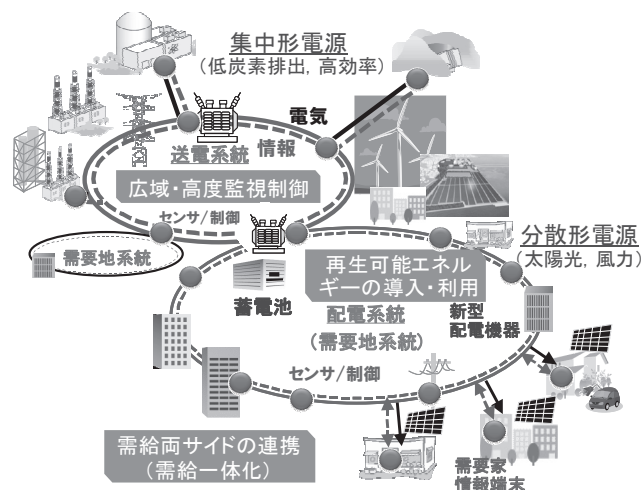
このように，PVが電力系統に導入されると，住宅など需要家内で余った電力が配電線に逆潮流として流れ込み，この結果，**図―1**に示すように，配電線の電圧が上昇し，負荷機器に悪影響を及ぼす可能性がある。また，導入量が1000万kW程度以上になると，需要の少ない中間期（春，秋）において系統全体での供給電力が消費電力を上回り余剰電力が発生したり，日射量の急変により系統全体での出力変動量が大きなものとなり，周波数の変動を招くなど，系統全体の安定運用に支障を来たす可能性がある。このため，将来にわたり，PVの電力系統と調和のとれた円滑な導入と最大限の利用を図って行くためには，これらの課題に対する新たな対策技術を構築して行く必要がある。

<問題点：負荷機器への影響，PV出力抑制の発生>

図―1　配電線の電圧上昇問題

3. 提案する日本型スマートグリッド（次世代グリッド）の概念と開発課題

わが国では，**表―1**に示すように，政府補助事業を中心に，上述した各種課題への対応技術，さらには分散形電源を含めたエネルギー有効利用技術や省エネ技術を含めた，スマートグリッドに関わる種々の実証プロジェクトが進められている。これらのプロジェクトはいずれも開発の緒についたところであり，今後の成果が待たれるところである。ここでは，一部国プロの技術的ベースにもなっているもので，電中研が提案している日本型スマートグリッドの概念と開発課題を中心に紹介する。

電中研では，PV大量導入への対応を中心に，日本型スマートグリッドともいうべく，将来の低炭素社会に向けた日本型の電力供給・利用インフラの研究，開発を進めている。これを次世代グリッドと呼んでいる。次世代グリッドの構成イメージを**図―2**に示す。これは，前述したわが国の現状の電力供給システムをベースに，これらを更に改良･発展させるものである。

図―2　次世代グリッドのイメージ

表―1　国が関与する主なスマートグリッド関連実証プロジェクト

事　業　名	内　容	実　施　者
離島独立型系統新エネルギー導入実証事業（エネ庁，H21-)	離島マイクログリッドの開発	沖縄電力，他
分散型電源大量導入系統影響評価基盤設備事業（エネ庁，H21-)	電力系統シミュレータによる系統影響実験・評価	電中研
分散型新エネルギー大量導入促進系統安定対策事業（エネ庁，H21-)	全国300地点の日射量・PV出力の同時実測・評価	電力各社
負荷平準化機器導入効果実証事業（エネ庁，H21-)	スマートメーターの実証	東電，関電
米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証（NEDO，H22-)	日米共同でのスマートグリッド技術の実証	メーカー等
次世代送配電系統最適制御技術実証事業（エネ庁，H22-)	次世代スマート送配電技術の実証（電圧変動，PV余剰電力対策）	大学，電力各社，電中研，メーカー等（28法人）
分散型エネルギー複合最適化実証事業（エネ庁，H22-)	コジェネと再生可能エネルギーの運用最適化	都市ガス振興センター
次世代エネルギー・社会システム実証事業（エネ庁，H22-)	スマートコミュニティの実証	横浜市，豊田市，けいはんな学研都市，北九州市

すなわち，電気と情報・通信との融合によって，電気の供給・利用を相互に結びつけ，経済性（社会コスト最小化）も考慮しながら，低炭素電化社会に向けて必要と考えられる３つの要件，①不安定な PV 大量導入の中でも安定運用を確保すること，②導入された再生可能エネルギー電源については，その最大限の利用を可能にすること，③全体対策コストの低減を目標に，系統側と需要家側が一体となった運用制御を可能にすること，を満たす全体調和的なインフラの構築を目指すものである。

また，電中研では，これに先行して，2003 年度より，PV を中心とした分散形電源大量連系時の技術的課題の解明と，配電レベルでの対策技術開発として，通信やパワーエレクトロニクスを活用した次世代形配電システムである「需要地系統」の研究開発[2]を進めてきた。現在は，需要家を含めた需要地系運用制御技術に加え，送電系の運用制御技術，共通インフラである情報通信技術，パワーエレによる変換機技術，等の全体を網羅した以下の各種研究開発を進めている。

①需要地系統の需給一体化運用・制御

上述の電中研が提案した「需要地系統」において，新たに供給側と需要家側を連携し，PV 大量導入時の余剰電力問題や電圧問題，さらにはピーク削減などの負荷平準化問題に低コストで対応する需給一体形の運用制御手法の開発。

②次世代情報・通信インフラの構築

自動検針，情報提供，需給一体型の運用･制御など，需要家との双方向通信を行うための高セキュリティ需要地系通信インフラの開発。また，高度な系統監視制御のための広域・高速制御ネットワークや設備保全のためのセンサネットワークの開発。

③需要地系統と協調した基幹系統の運用・制御

PV 等が大量導入された場合の予備力確保など需給運用への影響や，基幹系（送電系）への影響を定量的に検討するための解析技術の開発。また，これを用いた影響評価と需要地系等との協調を考慮した対応技術の開発。

④デマンドレスポンスの評価

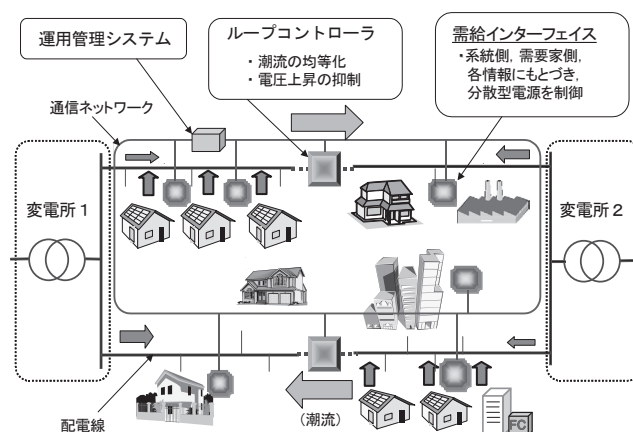
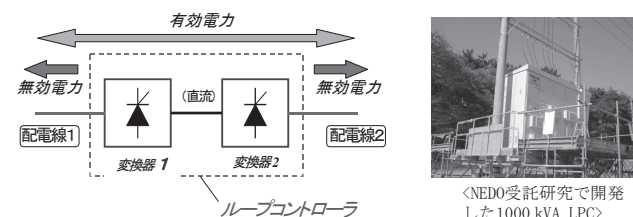
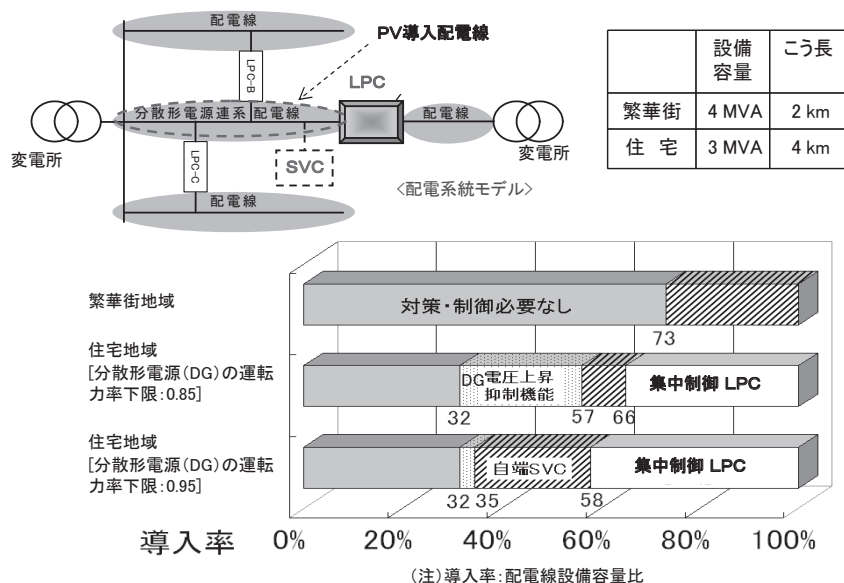
需要家が電気の利用状況や価格情報を受けて，機器の利用を変化させる「デマンドレスポンス」について，わが国での効果や，考えられるメニューについて検討・評価。

⑤次世代流通機器の開発

送配電設備や変電設備の経年リプレース時での導入を考えた，環境性，コンパクト性，効率性，安全性に優れた電力流通機器の要素技術の開発。

4．研究開発結果

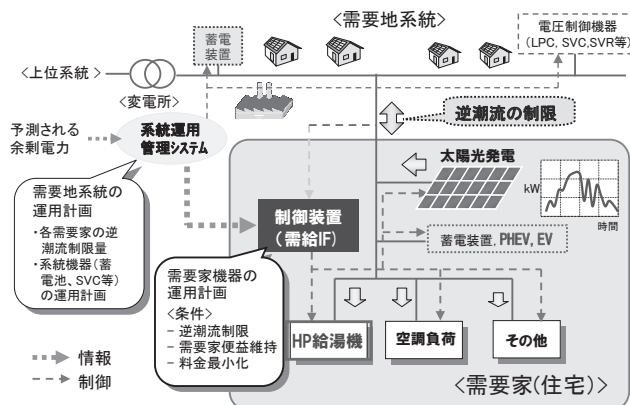
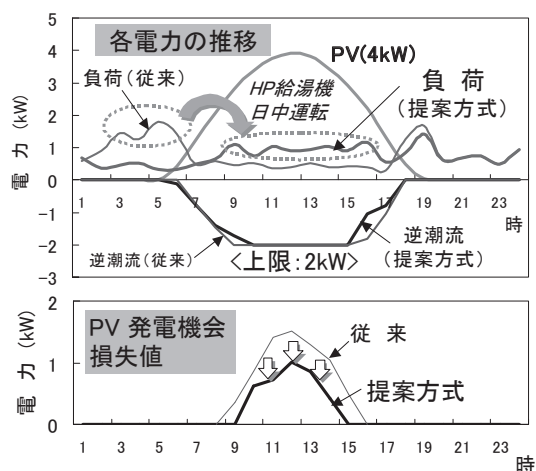
（1）次世代型配電システム（需要地系統）技術

需要地系統の概念構成を**図―３**に示す。同系統は，①コスト抑制の面から，既存の配電設備の有効活用を図りながら極力シンプルな構成で，分散形電源の導入・運用形態や負荷の需要形態によらず，電力品質の維持や事故時の保護保安を可能とする系統，および，②情報通信技術を利用した分散形電源を含む需要家機器の間接的または直接的制御により，省エネ，経済性，安定供給を達成する系統，を基本コンセプトに置いたものである[2]。①に関しては，分散形電源が一つの配電線に集中連系した場合，配電線電圧・潮流制御技術として，**図―４**に示すパワーエレクトロニクスを利用した双方向形の電流・電圧調整装置のループコントローラ（LPC）を開発した[2]。これにより，長さ 3 km ～ 4 km の配電線（住宅 1000 軒～ 1500 軒に配電）の末端部同士を接続し，例えば PV により電気の余っている配電線から負荷のみの配電線に電気を流し，安定に利用するものである。太陽光発電等の分散形電源の無効電力制御との協調も考慮した，本装置による配電線電圧・潮流の集中制御方式を開発し，実証評価した結果，**図―５**に示すように，本技術により，住宅地域で PV が一つの配電線に集中連系した場合，配電線設備容量の 100％までの導入が可能になることを明

図―３　需要地系統の基本構成
・二つの配電用変電所からの配電線を LPC によりループした例

図―４　ループコントローラ（LPC）の構成と開発試作機

図―5　分散形電源（PV）の導入地域・導入率に応じた電圧適正化方式

らかにした。また，分散形電源を併用し，配電線事故時に健全区間を自立運転させて停電区間の最小化を図る系統運用制御方式を開発した[2)]。②については，各需要家において，需要家内情報や料金等を含めた各種の系統情報をもとに，分散型電源や負荷を自律的に管理・制御する装置（需給インターフェイス）の適用を考え，これまでに，概念設計を行うとともに低圧需要家を対象とした系統事故時の自立運転方式を開発した[2)]。

以上の開発技術については，シミュレーションによる解析ならびに実証試験により妥当であることを検証し，これにより，一つの配電線のみへのPV集中導入に関しては住宅3軒に2軒程度，配電系統への分散導入に関してはループ系の特徴を生かせるレベルとして，住宅3軒に1軒程度までの導入を可能とする基本技術を確立した[2)]。これは，PVが今後とも住宅を中心に導入が進むものとすると，2030年までの国の導入目標5300万kWの半分程度に相当する。

(2) 需給一体化運用制御技術

需給一体形運用･制御に関しては，将来技術として，PVの大量導入量時の余剰電力対応技術の開発を進めてきた。余剰電力への対策としては，カレンダー機能等により,余剰電力の発生が見込まれる期間において，PVの出力を自動的に絞ったり，蓄電装置の利用が考えられているが，ここでは，PV設置需要家を対象に，給湯機等の負荷を自動的にPV発生時間帯に移行し，余剰電力を有効活用するものである。これにより，PVの有効利用を図りながら，発電機会損失（発電出力を絞ることによって失われる電力量）や高価な蓄電装置の必要容量を低減させ。さらに，本技術は，逆潮流の抑制につながるため，配電線の電圧制御機器の容量低減効果も期待できる。**図―6**は，太陽発電導入系統の余剰電力を有効活用する需給一体化運用・制御の一例で，PV大量導入時において，需要家内の温熱機器等の運用を工夫することによって，系統への逆潮流の抑制や軽負荷時におけるPVの余剰電力を有効活用するものである。これにより，PVの発電機会損失の低減，変動を吸収する蓄電装置や電圧制御機器，さらにはPVの出力変動を補償する他の発電設備の必要容量を低減させる。こうした需給一体的な運用を実現するためには，電力会社との双方向通信の構築，PV出力の予測，利便性への影響など様々な課題を解決する必要がある。電中研では，これまでに，HP式給湯機を対象に，統計的手法を取り入れ，翌日等のPV出力の予測がある程度はずれた場合でも，系統への影響や需要家の利便性への影響を最小限に抑える需要家内の需給運用計画手法などを開発した[3)]。また，**図―7**に示す例のように，実証とシミュレーションにより，

図―6　PV余剰電力対応の需給一体形運用・制御方式の概念

図―7　需要家内運用計画手法適用時の各電力とPV発電機会損失の時間推移例（5月快晴日，シミュレーション結果）

PV発電機会損失を30～50％低減できる見通しを得ている[4)]。

今後は，国プロでの実証も含めて，系統との連携・協調を考慮しながら，太陽光発電の余剰電力対策や出力変動対策の検討をさらに進めるとともに，ピーク需要削減等の負荷平準化も同時に実現する，需給一体化運用制御方式を構築して行く予定である。

(3) 次世代通信ネットワークシステム

次世代グリッドにおける通信インフラ技術として，①需要家との連携や分散形電源・配電系統の運用管理などのための需要地系セキュア通信ネットワーク，②広域系統の監視･保護制御のための広域･高速制御ネットワーク，および，③電力設備保全高度化のための設備保全センサネットワークについて，それぞれ要素技術開発を進めている。

このうち，需要地系セキュア通信ネットワークについては，需要家と電力会社が情報連携するための需要家ゲートウェイについて，自動検針用の国際標準通信規格（IEC 62056）を適用した場合のデータ伝送性能について，計算機を用いた模擬装置により評価した。その結果，一部，分散形電源の高速制御（遅延制約が数十ミリ秒）に対しては適用できない可能性があるが，その他のアプリケーションは支障なく情報伝送できることを明らかにした[5)]。その他，広域・高速制御ネットワークでは，多様な系統監視・保護制御システムを低コストで一元的に実現するための技術として，標準的な広域イーサネット技術や高精度時刻同期方式（IEEE 1588），ならびに計測・演算・制御などの機能や各種アプリケーションをモジュール的に実装する方式について，複数のプロトタイプ装置を試作して評価した。その結果，保護に必要なマイクロ秒オーダの時刻同期や，異なる装置の機能モジュール間での連携動作が実現できることを確認した[6)]。

5．おわりに

我が国において，大量導入が見込まれる太陽光発電を中心に，再生可能エネルギー電源大量導入による電力系統の運用に与える影響を示すとともに，対策技術として，電中研が提案している次世代グリッド技術を中心に，日本型スマートグリッドのコンセプト，ならびに，その要素技術である，需要地系統技術，需給一体化運用・制御技術，次世代通信ネットワーク技術，等のこれまでの研究開発成果について報告した。

今後，日本型スマートグリッド技術の構築のためには，さらにピーク需要削減などの負荷平準化や省エネルギー化も目標におきながら，これらの要素技術開発をさらに進めるとともに，標準化や制度面の整備も視野に入れた，総合的な実証開発が重要となる。

JCMA

《参 考 文 献》

1) 総合資源エネルギー調査会 需給部会「長期エネルギー需給見通し」平成20年3月
2) 小林，石川，浅利，岡田，上村，八太，大谷：「需要地系統の運用制御技術の開発」，電力中央研究所総合報告 R08，2008年
3) 浅利，所：「需要家機器との連携制御を用いた太陽光発電逆潮流制御方式―予測の不確実性を考慮したヒートポンプ式給湯機の運用計画法―」，電力中央研究所研究報告 R08025，2009年
4) 浅利：「需要家機器との連携制御を用いた太陽光発電逆潮流制御方式の開発（年間シミュレーションと実証試験）」，電力中央研究所研究報告 R09023，2010年
5) 大谷：「自動検針用国際標準通信プロトコルの基本特性と次世代グリッドへの適用可能性評価」，電力中央研究所研究報告 R09009，2010年
6) 芹澤，藤川，大場，田中，松浦，佐藤：「汎用・標準技術に基づく次世代広域系統監視・保護制御ネットワークのプロトタイプ設計と評価」，電力中央研究所研究報告 R09011，2010年

[筆者紹介]
小林　広武（こばやし　ひろむ）
㈶電力中央研究所
システム技術研究所　需要家システム領域
上席研究員

特集>>>　エネルギー・エネルギー施設

佐久間発電所及び佐久間周波数変換所の概要と構造

中村悦幸

天下の“暴れ川”とも呼ばれた天竜川は，長野県の諏訪湖に源を発し，静岡県の遠州灘に注ぐ延長213 km，流域面積5,090 km^{2}のわが国有数の大河川である。

3～4月の融雪期，6月前後の雨季，9～10月の台風による出水等による豊富な水量と，水力発電として有効な地形を有する佐久間地点は，早くから注目されていたものの厳しい自然条件が開発を拒んでいた。

この，暴れ川・天竜の流れを，最難関といわれた佐久間地点で制しようという試みは，まさに世紀の挑戦であり，1953年（昭和28年）から僅か3年の歳月で，巨大なダムを築き，最大出力35万kWの水力発電に替えたことは，日本の水力土木技術をはじめとする広範な業界に革命的な影響を与え，技術革新と高度経済成長の夜明けを告げるものとなった。

佐久間発電所は1956年（昭和31年）4月に運転を開始して以来すでに56年を経過して，累計発生電力量は800億kWhを超えている。年間流量約50億m^{3}の豊富な水量から，3億2,600万m^{3}の貯水容量と133 mという落差が生み出す電力は，1年間の発生電力量で，一般水力発電所としてはほとんどの年で日本一の電力量を誇っている。

キーワード：佐久間ダム，佐久間発電所，佐久間周波数変換所，天竜川，9電力，電源開発調整審議会

1. はじめに

佐久間地点における水力発電計画のはじまりは古く，大正時代にさかのぼる。しかしながら洪水期の流量の多さや両岸が切り立った断崖で接近する手段がなかったこと等により着工されることはなかった。

電源開発㈱が設立された目的は，1951年（昭和26年）に発足したばかりの9電力体制を補完することにあった。当時，電力の需要は非常に逼迫しており，その打開を図るため，9電力が火力を重点的に開発し，火力をベースに，水力でピークをまかなうという方針に乗り出したため，水力はそれまでの流れ込み式から大貯水池式に切り替えていく必要性が高まった。しかし，その大貯水池式水力の開発は投資額がかさみ，技術的にもリスクが大きいので，それを電源開発が担当すべし，ということだった。

この目的から，水力発電として，規模，経済性から最適地である佐久間地点の開発が計画され，1952年（昭和27年）電源開発調整審議会で，佐久間ダム・佐久間発電所の着工が決定され，佐久間ダムの高さは150 m，発電所の出力は35万kWと決まった。当時のダムの高さの最高が88 mであったから一気に2倍近い高さのものであった。

2. 佐久間ダムと佐久間発電所の仕様

佐久間ダム・発電所の仕様

- 認可最大出力　350,000 kW（台数4台）
- 発電所形式　ダム水路式
- 最大使用水量　306 m^3／秒
- 有効落差（最大）　133.49 m
- ダム　形式　コンクリート重力式
  - 堤長×高さ　293.5 m × 155.5 m
  - 貯水容量　326.85百万m^3
  - （有効容量　205.44百万m^3）
  - 利用水深　40 m
- 水車　形式　立軸フランシス
  - 出力　96,000 kW × 4台
- 発電機　出力　93,000 kVA × 4台
  - 周波数　1，2号機：60/50 Hz,
  - 3，4号機：50/60 Hz
- 運転開始　1956年（昭和31年）4月22日

佐久間地点は，開発の困難さでは比類のない地点であった。天竜川は，融雪期，梅雨期のほか，秋には台風のもたらす大出水と，年に3回の洪水期がありその洪水量も数千m^3／秒にもおよび，この時期を避けて

安全に工事を行うことができる期間は数ヵ月しかない。しかも，ダム地点の堆積砂利層が厚く25 mもあり，短期間のうちに，これを取り除き岩盤を露出させてコンクリートを打ち込むことは，それまでの土木技術では不可能であった。

3. 佐久間ダムと佐久間発電所の建設施工

このような状況のもと，1953年（昭和28年）4月に着工した佐久間ダムおよび佐久間発電所は，わずか3年の後1956年（昭和31年）4月に発電を開始し，佐久間ダムは同年の10月に竣工を迎えることとなる。これまで不可能と思われてきた佐久間における水力発電の開発を可能にしたのは何だったのだろうか，特徴的なことについて以下に述べる。

（1）大型土木機械の導入

ダムの建設地点は両岸が切り立った狭隘な場所で，年に数回も1,000 m^3／秒以上の洪水があり，しかも河床の堆積砂利層は25 mにおよび，それまでの工法では対処できるものではない。それを可能にしたのは，アメリカからの大型工事用機械と，それを駆使する技術の導入であった。

佐久間ダムの建設が決定されると，アメリカのパインフラットダムの建設現場を視察した。同ダムは高さ130 m，体積150 m^3であり，岩盤の状況，地質，流量などが佐久間とそっくりであったが，そこの建設工事が，15 tダンプトラックやパワーショベル，大型ブルドーザの大型機械群が動き回り人間が少ないことに驚いた。そして，このような大型機械群を駆使した工法を採用すれば，佐久間ダムの建設が可能であるとの見通しを得ることができた。

施工体制にも特徴があった。佐久間ダム・発電所は工事量が大きく一社で請負うのは無理なことから，二つ以上の請負会社が共同で受注し，連帯して責任を負うという，ジョイントベンチャー方式がとられた。

写真―1　大型機械による工法

こうして施工体制が整い着工となったが，佐久間ダム工事の成否を分けたものは，なんといってもアメリカから輸入された大型土木機械群であった。これらの機械類は，今ではどこでも普通に見られるものであるが，当時においては初めての試みであり，それまでの土木工事の常識を大きく変えるものとなった。

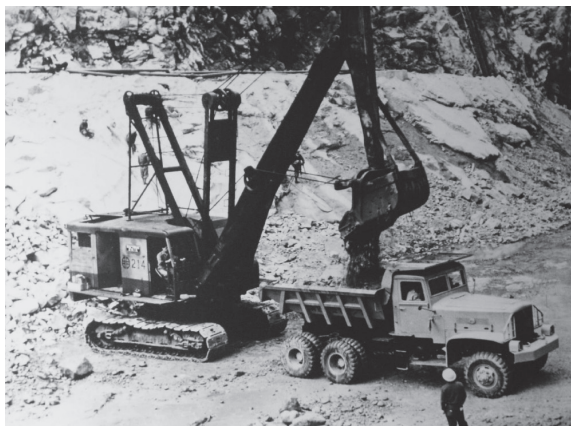
（2）仮排水トンネル工事と本流締切工事

ダム建設には欠かせない仮排水路は，右岸に2本のトンネルを掘った。トンネルの直径は10 m，断面積は104 m^2，長さは1号仮排水路が750 m，2号仮排水路が650mで，2本で最大1,100 m^3／秒の排水能力をもつものであった。工事は渇水期に完了して，次の年の融雪出水前には，仮締切も完了させて天竜川の流れを変えなければならないものであった。

着工した当初はまだ輸入の大型機械群は到着していなかったので，コンプレッサーやドリルなどの工事機械類を川舟で工事地点に運搬し，従来の工法で着手した。

アメリカ製の大型機械群が現場に届いてからは，慣れるに従い徐々にその能力を発揮しはじめるとともに，10月にはダム地点下流に飛竜橋が完成してバイパス工事現場へ大型機械が入れるようになり，工事の能率は飛躍的に上がった。

12月にはバイパスの導坑が2本とも貫通した。本トンネルの断面積は104 m^2で導坑断面を除いた残りの64 m^2を掘削しなければならない。そこで活躍したのがジャンボである。ジャンボとは，鉄骨で組んだやぐらの前面に19本のドリルを付けて，レール上を車輪で前後するもので，その下部をパワーショベルやダンプカーが自由に通れる大きなものである。ドリルで6 mの発破用の穴を60本穿孔し火薬をつめて岩を爆破する。崩された岩を，パワーショベル，ブルドーザ，ダンプカーを使って坑外へ搬出するというもので，慣れるにつれて掘削の能率は向上し，1日約10 mの掘削が可能となり，12月の本掘削開始から2月9日には，650 mの2号仮排水路が貫通した。コンクリート巻きにはスチールフォームという機械が使われ，従来の工法に比べ3～4倍のスピードで工事は進行し，3月中旬に2号仮排水路工事は完成した。

この後は，天竜川の流れを仮排水路に流し込むための，仮締切工事である。仮締切工事に要する時間については，1日半から2週間というようにまちまちの意見があり，結局やって見なくては分からないというと

ころであったが，仮排水路の取水口をふさいでいたコンクリートが破壊されるのと同特に土砂を満載したダンプカーとブルドーザにより，約 1,000 m^3 の岩石と土砂を投入して，わずか 55 分で仮締切工事は完了した。まさに機械化工法の威力であった。

この後，6 月には残る 1 本の 1 号仮排水路も完成し，着工以来 1 年 2 ヵ月で天竜川は流れを変えた。

この天竜川での工事でもっとも心配されていたことが，たびたび襲われる出水であった。ここでも威力を発揮したのはやはり最新の機械化工法であった。パワーショベル，ブルドーザ，ダンプカー群は自力で走行できる足をもっているため，ギリギリまで作業を行い，いざ危険となれば自力で退避し，水が引けばすぐに再開ができた。また，強力な排水ポンプも非常に有効であった。

4．ダムの本体工事

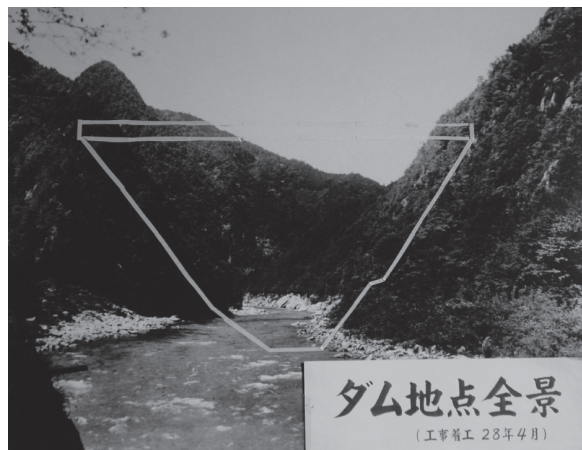
佐久間ダムは，高さが 155.5 m，堤長が 293.5 m，体積が 112 万 m^3 のコンクリート重力式ダムである。

ダム建設における最大の工事量は，ダム建設地点に堆積した土砂や砂利を完全に取り除き，岩盤を露出させる基礎掘削である。佐久間ダム建設における基礎掘削は，ダムの全長 290 m に堆積した砂利層 25 m を，幅 160 m で掘り上げるもので，その掘削量は 100 万 m^3 にものぼった。

掘削はまず両岸の上部から階段状に削り落としていった。ワーゴンドリルで 5 m の垂直な穴をあけ，発破をかけて下へ落し，ブルドーザ，パワーショベル，ダンプカーで搬出するという手順で，発破は 6 時，12 時，18 時，24 時の 1 日 4 回，昼夜兼行で続けられた。

1954 年（昭和 29 年）10 月には川床部の岩盤に到達し，岩盤のひび割れ部にセメントミルクを注入するなどの岩盤処理が施され，昭和 30 年 1 月に通産省の岩盤検査が終了して，1955 年（昭和 30 年）1 月 18 日待望のコンクリート打ち込みがはじめられた。

コンクリート用のセメントは主に，静岡県西部地方の金指に新設したセメントの工場から，飯田線を使用して専用貨車で毎日運搬した。中部天竜駅からは専用線でセメントサイロまで運び入れられたが，この専用線はこのために新設され，今では B 型鉄橋として，車と人の通行に利用されている。また，セメントサイロがあった場所は，佐入間側周波数変換所が設置されている。

コンクリート 1 m^3 にはセメント 200 ～ 240 kg と 2.2 t の骨材が必要である。骨材はダム地点下流 3 km の上島地区で採取され，ふるい分けプラントに運ばれて分類された。ここから，ダム地点左岸山上に設置されたバッチャープラントまで，延長 2,000 m のベルトコンベアーで運ばれた。ベルトの幅 90 cm，分速 100 m で

写真― 2　ダム建設地点

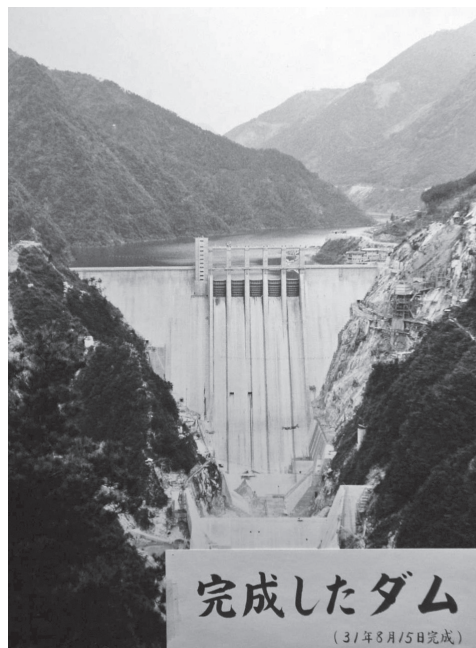
写真― 3　ダンプカーによる土砂運搬

写真― 4　上流側一次仮締切

写真―5　夜間工事状況

写真―6　掘削工事状況

写真―7　仮排水路による迂回

写真―8　ダム完成までもう一息

写真―9　佐久間ダム完成

運搬能力は1時間に650 tという大型のものであった。

バッチャープラントで練られたコンクリートは，ケーブルクレーンで打設地点に運ばれたが，このケーブルクレーンは25 tのもの2台で，1台は2,500馬力のハイスピード，もう1台は500馬力のスタンダードのもので，川底から180 mの地点に，両岸に走行路をつけて設置されていた。

コンクリートの打設量は最初のうちは1日200～300 m^3，慣れるに従い増大し，ダムが高くなるほど能率もあがり，打設終了まで1日も休まず昼夜兼行で進められた。月間の最高は1955年（昭和30年）12月の9.9万m^3，1日の最高は1956年（昭和3年）1月7日の5,180 m^{3}で，当時世界記録といわれた。ダムの高さは順調に積み上がり，打ち込み開始後1年たった時には，中央部83 m，右岸は143 mに達した。

ダムの積み上がりに合わせて湛水が行われた。第1次湛水は1955年（昭和30年）12月6日から，第2次湛水は1956年（昭和31年）2月5日から，第3次湛水は同年3月16日からそれぞれ行われた。

第3次湛水によって取水口からの発電所への通水が可能になり，3月19日より水車発電機の試運転がはじまり，水車や発電機の各種調整試験の後，官庁検査を経て1956年（昭和31年）4月23日から営業運転を開始した（当初は25万kWで運転開始）。

ダム本体工事はこの後も続けられ，上部に5門の洪水吐用ローラーゲートが取付けられ7月に終了した。また，ダムのエプロンの端から下流72 mのところに副ダムが設けられた。副ダムの目的は，洪水吐ゲート

図―1 記念切手発行

写真―10 発電機（ローター）組立

写真―11 水車（ケーシング）据付

より放流された水の勢いを殺すもので，10,000 m^3／秒もの洪水に耐えられるよう設計された。これらの工事は 8 月 19 日に完成した。

こうして佐久間ダムの工事はすべて完了し，1956 年（昭和 31 年）10 月 15 日に佐久間ダム完成式が挙行され，式典に合わせて記念切手も発行された。

また，延べ 350 万人，1 日最高 6,000 人といわれた労働者のなかで 96 名の尊い犠牲者が出た。その方たちの氏名は湖畔の慰霊碑に刻まれている。

5. 発電所の建設

発電所の出力は 35 万 kW，最大使用水量 306 m^3／秒，最大有効落差 133 m で，発生電力は東京電力および中部電力に均等に送電するというものであった。水車発電機の台数は 4 台，それぞれ，水車は 96,000 kW，発電機は 93,000 kVA の出力で，当時としては最大であった。また，いずれの水車発電機も東京および中部電力への送電が可能なように，50 Hz および 60 Hz の周波数での運転が可能なことと，佐久間ダムの利用水深は 40 m あり，最低落差と最高落差の変動が大きい変落差に対応するものであった。

水車発電機の入札は国際入札で行われ，国内 4 社，アメリカ 2 社，西ドイツ 2 社による競合の結果，国内 2 社が落札した。

発電所本館は地下 6 階地上 4 階で，間口は 101 m，奥行 39 m，高さ 45 m という巨大なものであったが，基礎掘削には大型機械群の威力が如何なく発揮され，1954 年（昭和 29 年）3 月下旬には完成した。4 月にはいってドラフトチューブが据付けられ，1955 年（昭和 30 年）1 月からは，水車発電機が分解されて運び込まれ，組立て工事がはじめられた。運び込まれた機器類は膨大な量にのぼり，そのほとんどを，飯田線を利用して貨車運搬された。発電所の中では，240 t クレーン 2 台により次々と組立てられ，6 月までに 2 基が完了，8 月には 4 基とも組立てが完了して調整が進められた。

ダムから水圧鉄管までの圧力トンネルは，長さ 1,180 m，内径は 7 m のものが 2 本，調圧水槽は高さ 110 m，内径 20 m のものが 2 本，水圧鉄管は延長 147 m，内径 4.8 m ～ 3.8 m で 4 本，傾斜は 45 度というものであった。水車発電機は地下掘削をして据付ける半地下式発電所で，水圧鉄管も地下に構築された。圧力トンネルの工事は，トンネル内径は 7 m であるが掘削径は 8.2 m であり，全断面をジャンボで掘る方式がとられた。1 日 8 m を掘り進み，1954 年（昭和 29 年）6 月の本トンネル掘削開始から，1955 年（昭和 30 年）1 月 16 日には 2 本とも貫通した。また，4 本の水圧鉄管を設置するトンネルは，直径 6 m で傾

斜45度のものであり，掘削には全国初の傾斜ジャンボが使用された。傾斜が急なため大変困難な工事であったが，1954年（昭和29年）末には4本とも貫通した。

これらの工事は，圧力トンネルのコンクリート巻きを最後に1956年(昭和31年)1月に完了した。その後，佐久間ダムの第3次湛水によって発電所への通水が可能になり，3月19日より水車発電機の試運転がはじまり，4月8日から官庁検査を受けて4月22日に出力25万kWの水力発電所として仮使用が認可され，翌日23日より営業運転を開始した。

6. 佐久間周波数変換所の建設

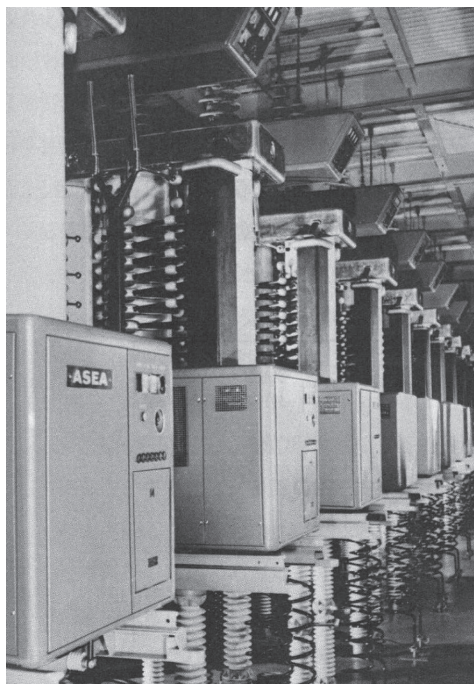
佐久間周波数変換所は，Frequency Converterの頭文字をとって「佐久間FC」と呼ばれる。この佐久間FCが完成，運転を開始したのは昭和40年10月10日，この日をもってそれまで50 Hz（東日本）と60 Hz（西日本）に分断されていたわが国の電力系統は連系されることになった。そして，この佐久間FCの活躍によって，広域運営はいっそう強力に推進されることになった。

わが国の電力周波数が，東日本と西日本で50 Hz・60 Hzに分かれたのは，1895年（明治28年）に東京電燈がドイツのAEG社製の発電機を輸入し，一方，大阪電燈が1897年（明治30年）にアメリカのGE社製の発電機を輸入して，火力発電所を建設したことによる。

周波数が異なることは，東西両地域がそれぞれに予備力をもたなければならないこと，地域間の電力融通ができないこと，電気機器も当然地域別に違ってくるなど，多くの不経済をもたらしていた。終戦直後に周波数の統一がはかられようとしたこともあったが，経済復興が予想外に速かったために統一には至らなかった。

両周波数の系統を連系する構想のきっかけは，1958年（昭和33年）秋の広域運営視察団がもたらした。この時，英仏両国が直流送電連系を計画，16万kWの設備をスウェーデンの会社に発注していたのに着目し，これを周波数変換設備として日本でも使ったらどうかと示唆したことにはじまる。

1961年（昭和36年）4月，電力中央研究所に「両サイクル連系問題委員会」(委員長・福田節雄東大教授)を設けて，技術的な検討を加えることとなった。

1964年（昭和38年）1月敷地造成工事に着手，スウェーデンから最初の機器輸送船が名古屋港に入港し

写真―12 水銀整流器

たのが翌39年4月で，文字どおりの突貫工事で，1956年（昭和40年）10月10日に運転を開始した。

佐久間周波数変換所の主な仕様は以下のとおり。

認可出力 300,000 kW
変換器 種類 水銀整流器
電圧×電流 125 kV × 1,200 A
1極容量×極数 150,000 kW × 2極
1群台数×群数 6台×4群
運転開始 1965年（昭和40年）10月10日
＊1993年（平成5年）6月11日
サイリスタバルブにリプレース運転開始

7. おわりに

以上，エネルギー・エネルギー施設特集にあたり，現在我が国の一般水力発電所として日本一の発生電力量を生み出している佐久間ダム，佐久間発電所の概要，建設施工の歴史を改めて振り返りまとめてみた。興味をお持ちの方に一読いただければ幸いである。

JCMA

[筆者紹介]
中村 悦幸（なかむら よしゆき）
電源開発㈱
水力発電部 中部支店 佐久間電力所
所長代理

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

単機容量世界最大の地熱発電所

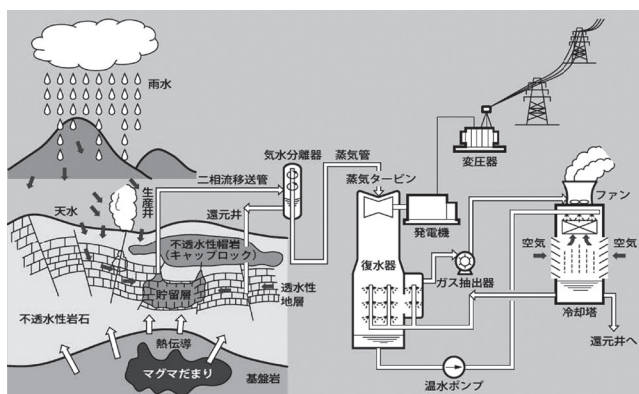
ニュージーランド　ナ・アワ・プルア地熱発電所

武　藤　寿　枝

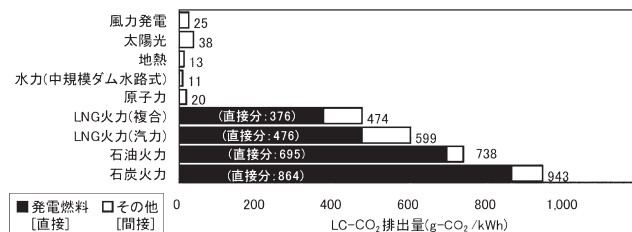
地熱発電は，地中に存在する熱エネルギーを熱水または蒸気のかたちで取り出し，発電に利用するものである。地熱発電設備単機としては世界最大の140 MWを供給するニュージーランドのナ・アワ・プルア地熱発電所が2010年4月に商業運転を開始した。ナ・アワ・プルア地熱発電所は世界でも稀なトリプルフラッシュシステムを採用し，出力の最大化を図っている。本報では，トリプルフラッシュを実現可能にした熱水のpH制御によるシリカスケールの抑制技術や補機構成，制御・自動化などプラントシステムの特色について報告する。

キーワード：自然エネルギー，地熱発電，トリプルフラッシュシステム，pH制御，腐食対策

1. はじめに

地熱発電は，地中に存在する熱エネルギーを利用した発電方式である。高温のマグマだまりからの熱伝導により熱せられた地下水を，井戸（生産井）を通して取り出す。取り出した蒸気及び熱水の混合流体（二相流）を気水分離し，蒸気のみをタービンへ導いて発電する（**図―1**）。

図―1　地熱発電の仕組み [1]

地熱発電は，季節，天候，昼夜を問わず，安定して電気を供給することが可能である。設備利用率は，他の自然エネルギーと比較すると，風力20%，太陽光12%に対し，地熱70%（資源エネルギー庁）[2] と突出している。

また，地熱発電はその原理から明らかなように，発電時に化石燃料の燃焼に伴うCO_2を発生させない。さらに，風力，太陽光のような他の自然エネルギーに比べ，エネルギー密度が高く，前述の通り設備利用率も高いので，1 kWh発電するために必要な設備・運用・保守等で間接的に発生するCO_2の量も少ない（**図―2**）。このため，地球温暖化の深刻化を背景に，その重要性が再認識されている。

図―2　電源別ライフサイクルCO_2排出量の評価結果 [3]

2. ニュージーランドの地熱資源開発への取組み

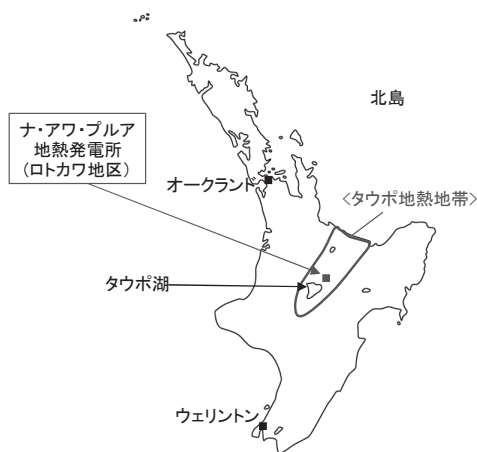
ニュージーランドは1958年に北島中央部のタウポ湖付近でワイラケイ地熱発電所の運用を始めた地熱発電の歴史の長い国である。ニュージーランドの総発電設備容量は9,667 MW，このうち再生可能エネルギーとして，地熱発電は723 MW（7.5 %）と，水力の5,252 MW（54.3%）に次ぐ設備容量を有している（2010年）[4]。

ニュージーランドでは，今後は化石燃料による発電所は建設せず，水力，地熱，風力の再生可能エネルギー開発に注力する政府方針が出されており，2030年までに900 MWの地熱発電の開発が計画されている。近年の地熱資源開発の動きはめざましく，2008年に

は 100 MW のカウェラウ地熱発電所が，2010 年には本報にて紹介する 140 MW のナ・アワ・プルア地熱発電所が建設された。引続き 83 MW の設備 2 台からなるテミヒ地熱発電所や，バイナリー発電方式を採用する 82 MW のナタマリキ地熱発電所が 2013 年の完成に向けて建設される予定である。

3. ナ・アワ・プルア発電所

単機容量世界最大の発電設備を有するナ・アワ・プルア地熱発電所（**写真— 1**）は，2010 年 4 月に商業運転を開始した。本発電所は，ニュージーランドの国営電力会社マイティー・リバー・パワー社と地元の先住民族団体であるタウハラノース No.2 トラストによる共同所有で，ニュージーランドの北島，タウポ火山帯の一角であるロトカワ地区に位置している（**図— 3**）。

写真— 1　発電所全景

図— 3　発電所所在地

(1) プロジェクトスケジュール

本プロジェクトは，EPC（建設一括請負）契約の形式であったが，2008 年 5 月に土地造成を開始し，6 月に杭打ち，基礎工事に着工した。2009 年 4 月に，蒸気タービンや発電機などの大物機器が日本より到着し据付を開始した。同 10 月には地熱二相流を受入れ，約半年間で試運転を完了し，2010 年 4 月商業運転開始となった。

(2) プラントサイクルの選択

地下から取り出した二相流を気水分離して，蒸気をタービンへ導き，熱水を地下へ還元する**図— 1** のようなシステムをシングルフラッシュシステムと呼ぶ。熱水の圧力・温度がまだ十分高い場合，熱水を減圧して再蒸発（フラッシュ）させて，その蒸気もタービンへ送って，熱源の有効利用を図ることができる。このように高圧と低圧蒸気を発生させるシステムをダブルフラッシュシステムと呼ぶ。さらにもう一回熱水をフラッシュさせて，高圧，中圧と低圧蒸気を発生させるシステムをトリプルフラッシュシステムと呼ぶ。

多くの地熱発電所の蒸気圧力が 10 bar 以下であるのに対し，生産井からナ・アワ・プルア地熱発電所へ移送される二相流の圧力は約 24 bar と高く，プラントの計画段階においてダブルフラッシュあるいはトリプルフラッシュのどちらを採用すべきかの検討が行われた。トリプルフラッシュはダブルフラッシュより 6 MW 多く発電できるとの結果を得て，トリプルフラッシュシステムを採用することとなった。トリプルフラッシュシステムは世界的にみても極めて稀で数件しか事例がない。

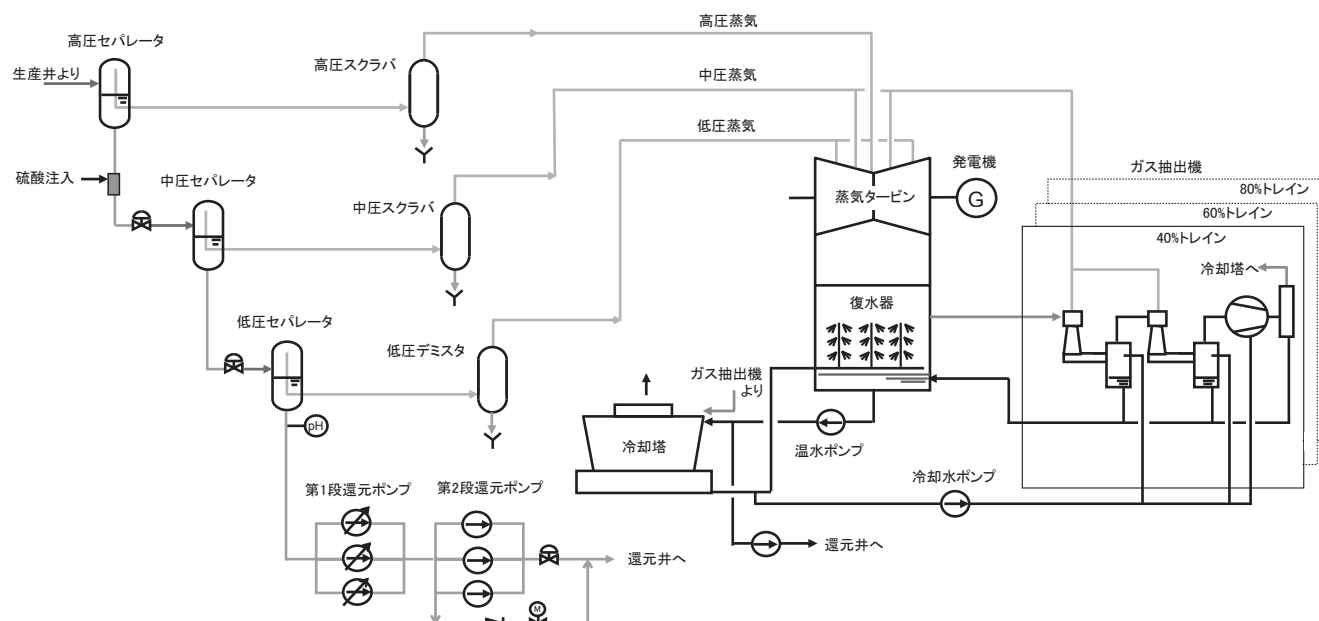
(3) プラントの配置

地熱発電システムにおいて，気水分離設備は生産井の近傍に設置され，蒸気を発電所まで移送することが多いが，本プロジェクトでは地熱二相流を数キロメートル離れた生産井から発電所まで移送しており，気水分離設備は発電所敷地内に設けられている。

発電所敷地は，当該地域に特有の起伏に富んだ地形をしており，この高低差を活用して**写真— 1** に見られる通り，気水分離器（セパレータ）は丘上に，その他機器は丘下に配置した。

(4) プラントの系統・機器構成

ナ・アワ・プルア地熱発電所は，年平均で 45,000 トン／日，ピーク時に 48,000 トン／日の二相流を受入れている。発電所の概略系統を**図— 4** に示す。

生産井から移送される約 24 bar の二相流を高圧セパレータ（気水分離器）で受け，高圧の蒸気と熱水に気水分離する。分離された高圧熱水は減圧され二相流となり，中圧セパレータで中圧の蒸気と熱水に気水分離される。低圧も同様である。

図―4　発電所概略系統図

低圧熱水は還元井を通じて地中に戻されるが，セパレータで蒸気を分離させる度に，熱水に含まれるシリカ等のスケール成分の濃度は高くなり温度も下がるため，スケールが析出し易くなる。スケールは還元配管や還元井坑内で発生すると，その除去に多大なコストがかかるためスケールの析出・堆積を抑える必要がある。そこで，pH を低くするとシリカの重合速度が遅くなる性質を利用し，高圧熱水に硫酸を注入して還元熱水の pH を約 5.0 に保ち，スケール析出を抑制している。2012 年 4 月で商業運転開始から 2 年になるが，スケール問題は発生していない。

pH 調整された低圧熱水は，熱水還元ポンプにより昇圧され，還元井まで移送される。本還元ポンプシステムは可変速ポンプと定速ポンプの 2 段構成で，還元井の要求圧が低い場合は 1 段目だけで，要求圧が高い場合は 1 段目と 2 段目の両方を稼働させ，必要圧力まで昇圧している。低圧セパレータのレベル制御は 1 段目の還元ポンプの回転数または 2 段目の還元ポンプ出口にあるレベル制御弁にて行われる。このように，還元井の特性に応じて柔軟な運用ができるシステムとなっている。

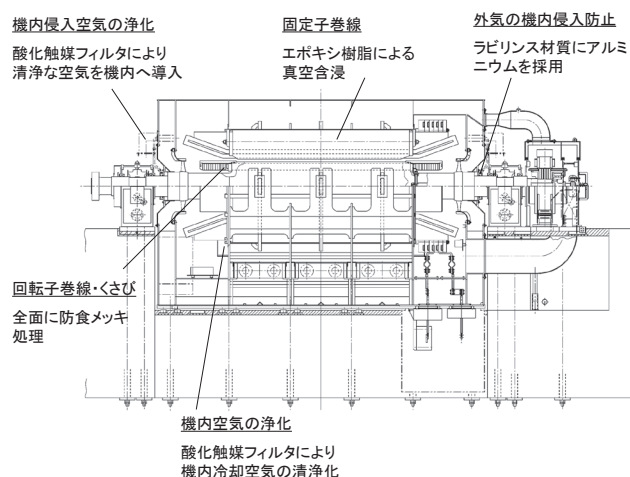
なお，低圧セパレータを丘上に還元ポンプは丘下に設置することでポンプ押込み圧を確保し，ポンプピットを省略している。

本発電所は，蒸気タービン，発電機各 1 台の単機構成であるが（**写真―2**），気水分離して得られた高・中・低圧蒸気は蒸気タービンに供給され，定格で 139 MW，最大で 147 MW を発電する。蒸気タービンの最終段には地熱向けとして世界最大の 31 インチ翼を採用しており，その出力は，地熱発電設備単機容量としては世界最大である。

写真―2　蒸気タービン及び発電機

また，地熱発電所の雰囲気に含まれる硫化ガスは，銅・銀に対し強い腐食性を持っている。腐食対策として，発電機固定子は真空全含浸処理，回転子巻線・くさびにはすずメッキを施し，さらに機内冷却空気はフィルタで浄化している（**図―5**）。

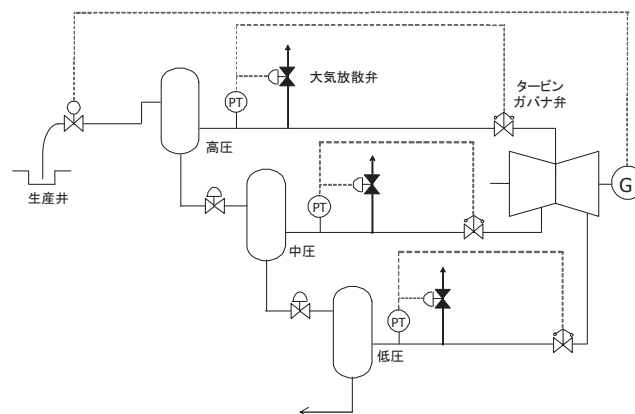
図―4 の概略系統に示す通り，蒸気タービンの排気は，タービンの下に設置された復水器で冷却水と混合することにより冷却，凝縮される。復水器から出た温水は湿式冷却塔で冷却され，再び冷却水として復水器で利用される。

高圧蒸気に含まれる不凝縮ガスは，ガス抽出装置により復水器から抽出され，冷却塔ファンにより上空へ吹き上げられる空気とともに大気中に拡散される。ガス抽出装置は 3 系列構成で，定格ガス流量を 100%として，40%，60%，80%容量の系列を持つ。各系列は，

図― 5 発電機部位別の腐食対策

第 1 段エゼクタ，第 2 段エゼクタと真空ポンプから成る。3 系列の運転を組合せることで，40 ～ 180％の範囲で 7 種の運転パターンを提供できる。経年的に不凝縮ガスの流量が変化した場合でも効率的なガス抽出を実現し，発電効率の向上を図っている。

(5) プラントの制御・自動化

発電所に設置された制御システムは，発電所内だけでなく，生産井，還元井，開閉所を総合制御，監視している。井戸元と発電所の協調制御システム（**図― 6**）により，計画発電量に見合うよう二相流の供給（生産井の弁開度）を制御し，さらに，蒸気圧力の制御を行っている。通常運転時は，蒸気タービンのガバナ弁により蒸気圧力を制御しているが，何らかの異常や過渡変化により蒸気圧力が上昇した場合は，大気放散弁を開けることによりさらなる圧力の上昇を防いでいる。このような異常事態が発生した場合は，生産井の弁開度はその位置保持となって，蒸気が大気へさらに放出されることを防止している。また，何らかの異常により，蒸気タービンが緊急遮断した場合は，生産井の弁を全閉するように自動化されている。

本発電所では，起動・停止操作においても自動化を大幅に取り入れ，運転員の介入を最小化している。例えば，プラント起動時，復水器のレベルを安定制御した状態で，冷却水の流量を自動で増加させる。プラン

図― 6 協調制御システム

ト停止時には，最大出力からの負荷下げ，蒸気タービン・発電機の停止，補機の停止，生産井の弁の閉止までを自動で行う。

4. おわりに

本発電所の建設により，ニュージーランドの電力需要の 2.5％を賄い，当該国政府の「再生可能エネルギーによる発電割合を 2007 年時点の約 70％から 2025 年までに 90％まで引き上げる」という目標 [5] に大きく貢献した。今後も日本を含め世界各国で CO_2 削減に貢献できる地熱発電所の建設に取り組んでいきたい。

J C M A

《参 考 文 献》

1）稲垣正太郎：富士時報，Vol.78 No.2，2005
2）資源エネルギー庁：地熱発電に関する研究会 中間報告 平成 21 年 6 月
3）電力中央研究所：研究報告 Y09027 平成 22 年 7 月
4）Ministry of Economic Development : New Zealand Energy Data File 2011, 2011
5）Ministry of Economic Development : New Zealand Energy Strategy to 2050, 2007

[筆者紹介]
武藤　寿枝（むとう　としえ）
富士電機㈱
エネルギー事業本部　発電プラント事業部
火力・地熱統括部　プラント技術部　技術グループ
主任

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

海洋エネルギー発電の技術開発

大重 隆

波力エネルギーや潮流エネルギー等を発電に利用する，海洋エネルギー発電に関しては，石油ショック以降，各国で研究開発が行われているものの，世界的に商用利用されているものは少なく，未だ実験レベルにある。欧州や北米では実海域での実証研究を実施するプロジェクトや試験サイトを運営し，研究開発を推進している。我が国では，2011 年度より海洋基本計画，経済産業省の施策の一環として，NEDO にて５ヶ年プロジェクト「海洋エネルギー技術研究開発」を開始し，波力発電や潮流発電の実証研究に向けた実現可能性調査（FS），海洋温度差発電や海流発電の要素技術開発等を実施している。

本報では，それら波力発電や潮流発電を中心とする海洋エネルギー発電に関する国内外の技術開発動向を紹介し，今後の展望を考察する。

キーワード：海洋エネルギー発電，波力，潮流，海洋温度差，海流

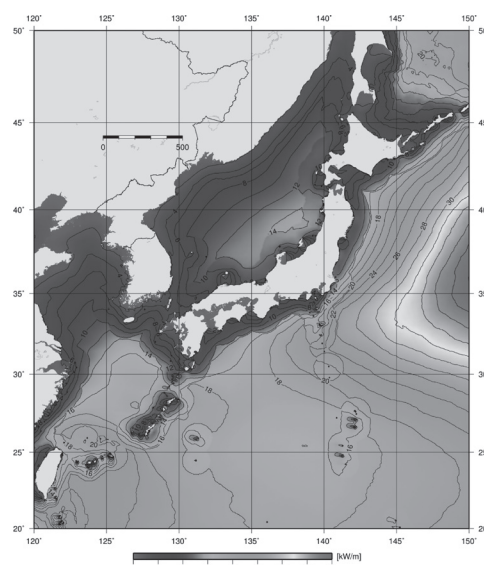
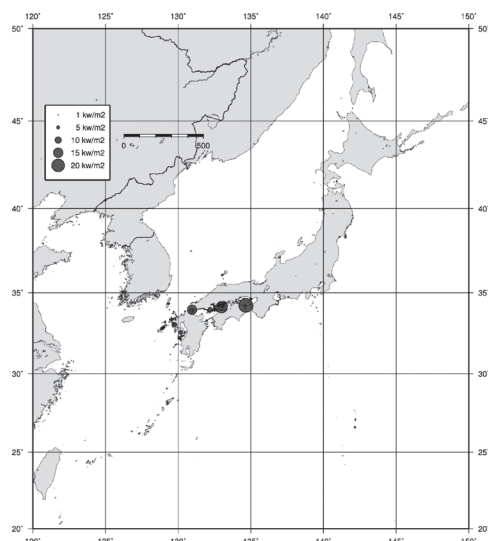
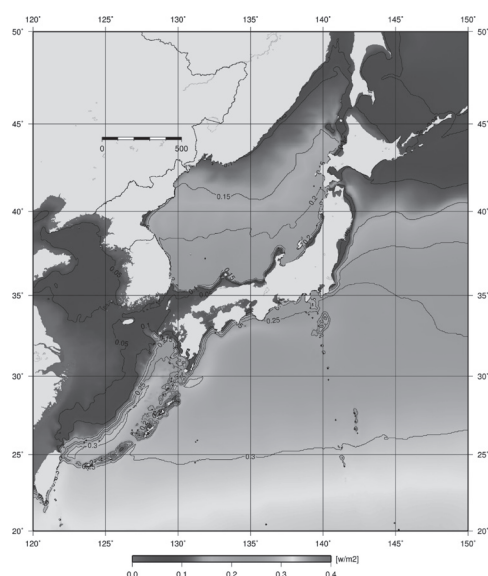
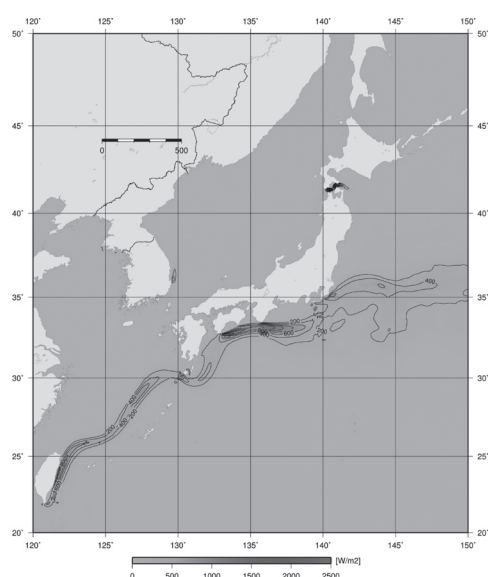
1. はじめに

波力発電は様々な発電方式が検討されており，一般的に海面の上下運動を空気や油，機械等の運動エネルギーに変換し，発電機を稼働させ発電を行う。潮流発電は地球・月・太陽の公転及び自転により生じる規則的で周期的な潮流によりローターを回転し，発電機を稼働させ発電を行う。波力発電及び潮流発電については欧州や北米で研究開発及び実証研究が実施されており，特にイギリスでは電力会社とデバイスメーカーによる実海域での実証研究が進められている。また，海洋温度差発電については，海水の熱エネルギーを利用し，表層の温海水（約 18 ～ 30℃）で暖められ気化，深層の冷海水（約 5℃）で冷やされ液化する作動流体のサイクルにより，蒸気タービンを回転し，発電機を稼働させ発電を行う。さらに，海流発電は，黒潮等の連続的で特定方向の海流により，ローターを回転し，発電機を稼働させ発電を行う。海洋温度差発電や海流発電については，我が国の大学を中心に研究開発が進められている。

我が国は波力，潮流，海洋温度差，海流等の海洋エネルギーポテンシャルを有しているが（**表―1**及び**図―1～4**），未だ，海洋エネルギー発電は研究開発段階にある。そのため，技術が確立されておらず，他の再生可能エネルギーに比べ発電コストが高いことから商用利用されていない。本報では，海洋エネルギー

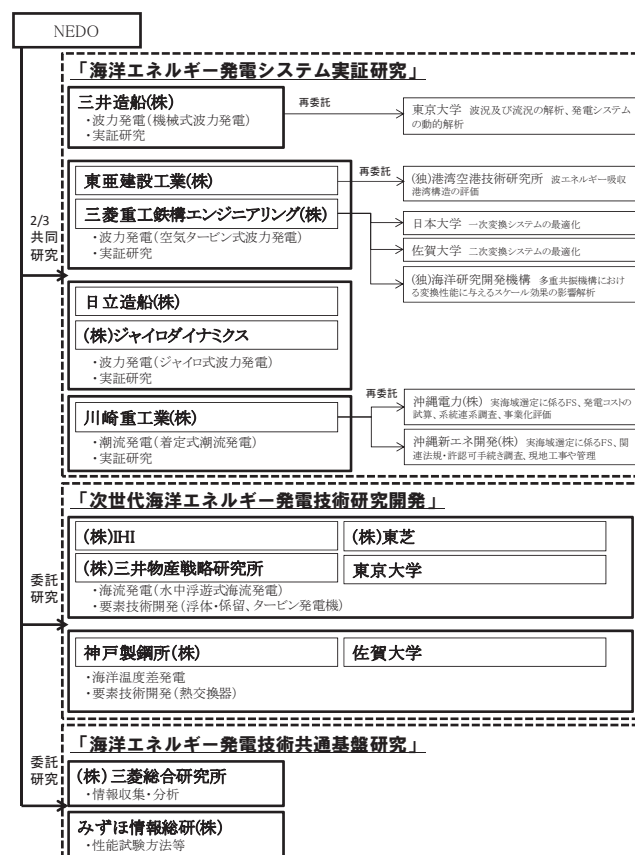
表―1 我が国における海洋エネルギーポテンシャル

	波力	潮流	海洋温度差	海流
海洋エネルギーポテンシャル［GW］	195	22	904	205
導入ポテンシャル※［GW］	5	2	6	1
発電ポテンシャル※［TWh/ 年］	19	6	47	10

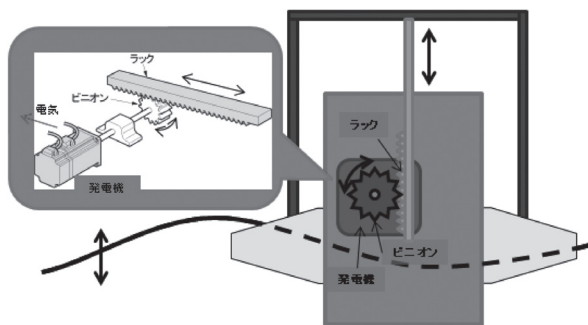
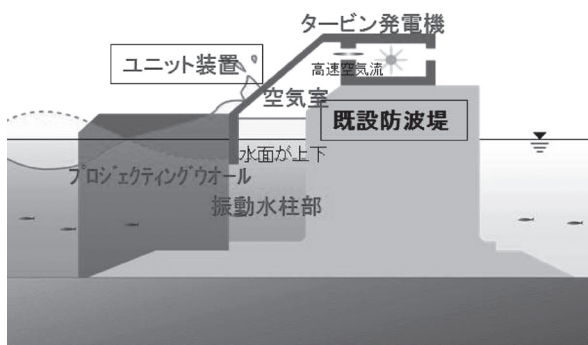
※現状技術により算定（詳細は，NEDO「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（平成 23 年３月）」成果報告書を参照）

図―1 波力エネルギー密度［kW/m］

図―２　潮流エネルギー密度［kW/m^2］

図―３　海洋温度差エネルギー密度［W_{th}/m^2］

図―４　海流エネルギー密度［W/m^2］

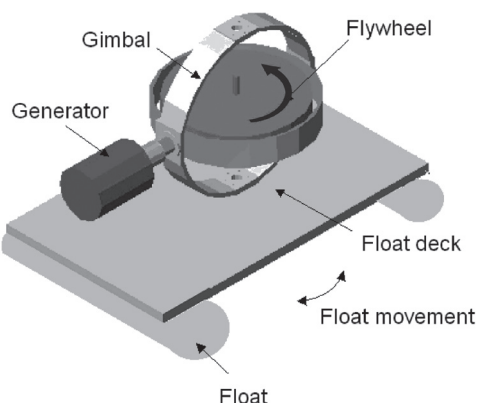
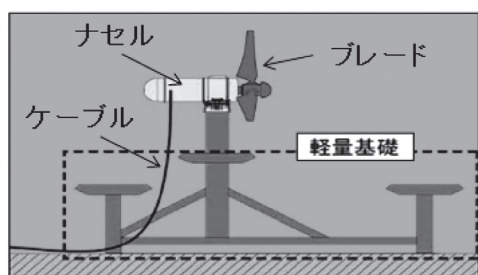
発電の主要課題である発電コストの低コスト化に関する技術開発を推進している「海洋エネルギー技術研究開発」について紹介する。また，海外の技術開発動向として，波力発電及び潮流発電により 2020 年 1.6 GW の導入目標を有するイギリスの取組を中心に紹介する。

2. 我が国の技術開発動向

「海洋エネルギー技術研究開発」については，2011 年度から 2015 年度までの５ヶ年のプロジェクトとして，「海洋エネルギー発電システム実証研究」，「次世代海洋エネルギー発電技術研究開発」，「海洋エネルギー発電技術共通基盤研究」を実施している（**図―５**）。本事業は，波力発電や潮流発電の海洋エネルギー発電システム，海洋温度差発電や海流発電の要素技術等の実用化・事業化を促進し，海洋エネルギー発電の国内導入や我が国企業の国際競争力強化を図る。

図―５　海洋エネルギー技術研究開発の実施体制

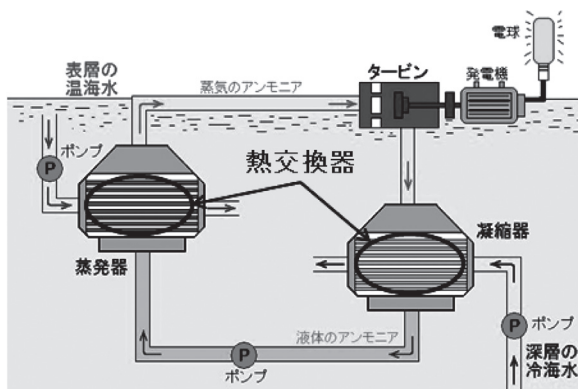
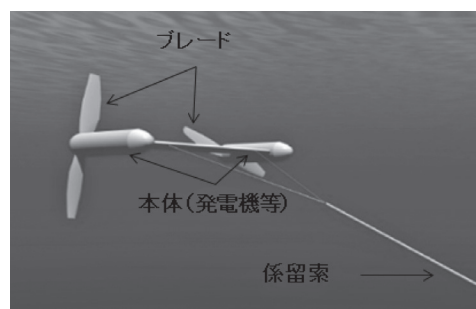
(1) 海洋エネルギー発電システム実証研究

波力発電（機械式，空気タービン式，ジャイロ式），潮流発電（着定式）について（**図―６～９**），2015 年に発電コスト 40 円／kWh 以下を目標とする発電システムを対象に想定海域における FS を 2011 年度から 2012 年度まで実施する。FS では，想定海域におけ

図― 6　機械式波力発電の発電原理

図― 7　空気タービン式波力発電の発電原理

図― 8　ジャイロ式波力発電の発電原理

図― 9　着定式潮流発電の発電原理

る自然条件や環境影響の調査，発電システムの水槽試験等による性能評価，実証研究の全体計画の検討等を行い，実現可能性を明らかにする。FSの結果に基づき，2013年度以降，実海域に発電システムを設置し，発電性能，耐久性，塩害・生物付着対策，係留手法，メンテナンス性等に関する実証研究を行う。

（2）次世代海洋エネルギー発電技術研究開発

海洋温度差発電の熱交換器技術，海流発電（水中浮遊式）の浮体・ブレード・発電機・係留等について（**図―10，11**），2020年に発電コスト20円／kWh以下を目標とする要素技術開発を実施する。要素技術開発では，発電装置の高効率化及び耐久性の向上，メンテナンス性の向上等に関する研究開発を実施した上で，水槽試験や縮尺モデル等による発電性能や信頼性等の試験・評価を行う。

図― 10　海洋温度差発電の発電原理

図― 11　水中浮遊式海流発電の発電原理

（3）海洋エネルギー発電技術共通基盤研究

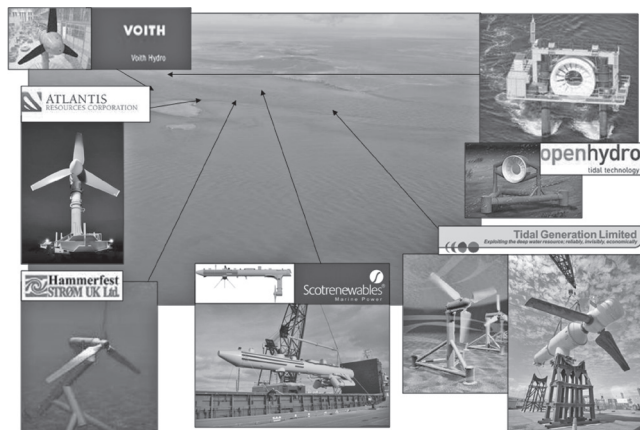
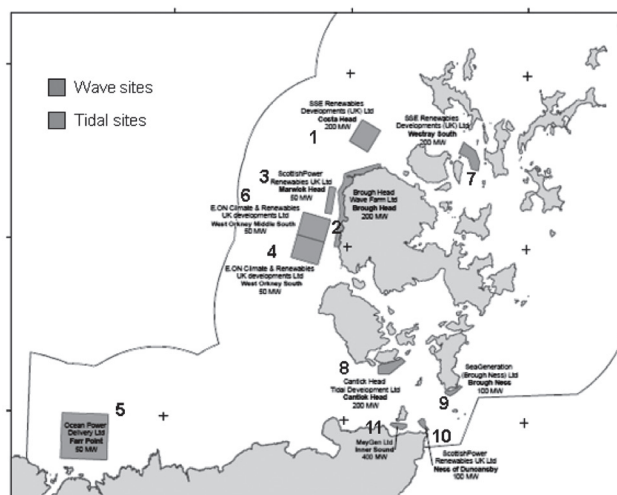
海洋エネルギー発電に関する各国の政策，技術開発や市場動向等の情報を収集し，海洋エネルギー発電の費用対効果や事業性について分析する。また，海洋エネルギー発電システムの性能試験や信頼性評価等に関する方法や手順を検討する。

3．海外の技術開発動向

イギリスのスコットランドでは，波力発電及び潮流発電の指定海域（Round1）において，2020年1.6 GWの導入目標を有すると共に，インセンティブ施策として，再生可能エネルギー購入義務（Scottish Renewable Obligation，以下「ROs」。）と再生可能エネルギー証書（Scottish Renewable Obligation Certificate，以下

「ROCs」。）を運用している。ROs に基づき波力発電や潮流発電で発電された電力は，電供給事業者間において 5ROCs（(約￡250/MWh）で取引が可能である。

洋上風力についてイギリスでは，2000 年から 2009 年の 10 年間で約 894MW 導入された実績と比較して，波力発電及び潮流発電による 2020 年 1.6GW の導入目標は極めて高い目標である。また，洋上風力の ROCs が 1.8ROCs ～ 2ROCs であるのに対し 2 倍以上のインセンティブを波力発電と潮流発電に設けている。更に，研究開発については，Round1 の周辺海域に実海域の試験サイトとして，European Marine Energy Centre（EMEC）を設けており，各デバイスメーカーが実海域における実証研究を実施すると共に，一部電力会社はデバイスメーカーと共同で実証研究を行っている（**図— 12，13**）。そして，EMEC で実証研究を行っている，電力会社やデバイスメーカーは既に Round1 の開発権を有している（**図— 14，15**）。その他，イギリスでは，水槽試験，発電機やローターの性能試験等を National Renewable Energy Centre（NAREC）等で実施しており，さらに，複数台の波力発電システムに

図— 12　波力発電の EMEC 実証サイト
（EMEC Neil Kermode 氏の提供資料より）

図— 13　潮流発電の EMEC 実証サイト
（EMEC Neil Kermode 氏の提供資料より）

図— 14　Round1 の指定海域
（Scottish Development International Paul O'Brien 氏の提供資料より）

No	Wave Sites	Developer	Technology Supplier	MW
1	Costa Head	SSE Renewables Developments	TBC	200
2	Brough Head	SSE Renewables Holdings	Aquamarine Power	200
3	Marwick Head	ScottishPower Renewables	Pelamis Wave Power	50
4	West Orkney South	E.On Renewables	Pelamis Wave Power	50
5	Armadale	Pelamis Wave Power	Pelamis Wave Power	50
6	West Orkney Middle South	E.On Renewables	Pelamis Wave Power	50
No	**Tidal Sites**	**Developer**	**Technology Supplier**	**MW**
7	Westray South	SSE Renewables Developments	TBC	200
8	Cantick Head	SSE Renewables Holdings	Open Hydro	200
9	Brough Ness	SeaGeneration Ltd	Marine Current Turbines	100
10	Ness of Duncansby	ScottishPower Renewables	Hammerfest Strom	100
11	Inner Sound	MayGen	Atlantis Resources	400

図— 15　Round1 の 1.6 GW 開発権
（Scottish Development International Paul O'Brien 氏の提供資料より）

より実海域試験が可能である WAVEHUB やフルスケールの潮流発電システムにより実海域試験が可能である Solent Ocean Energy Centre（SOEC）が稼動する予定である。また，各国においても同様に実証試験を実施しており，デンマークは Nissum Bredning Test Station for Wave energy（NBPB）や Danish Wave Energy Centre（DanWEC），カナダでは Fundy Ocean Research Centre for Energy（FORCE）等において実海域における実証研究を行っている。

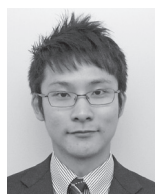
4．今後の展望

海洋エネルギー発電の初期市場としては，四方を海洋に囲まれ既設の発電所を重油等による火力発電に依存し，平均的な発電コストが 40 円／ kWh 以上する国内の離島地域，国外において海洋エネルギー発電の導入目標やインセンティブ施策等を有する地域が考えられる。一方，海洋エネルギー発電は，未だ技術が確立されておらず，他の再生可能エネルギーと比較し，

価格競争力を有していない。そのため，海洋エネルギー技術研究開発において，発電コスト 40 円／ kWh 以下を目標とし，国内導入や我が国企業の国際競争力強化を図る。特に海洋エネルギー発電システム実証研究に関しては，2011 年度から 2012 年度まで想定海域におけるFSを実施し，2012 年度末には，実海域における実証試験の実現可能性を明らかにする「ステージゲート」を予定しており，波力発電及び潮流発電の発電コスト，性能や信頼性の評価等を行う。これらの評価結果を基に，2013 年度以降，実海域における実証試験を行い，2015 年に発電コスト 40 円／ kWh 以下の海洋エネルギー発電システムを確立する。また，中長期的な観点から，海洋温度差発電や海流発電等，従来，我が国の大学を中心に研究開発が進められてきた発電手法について，産学連携により 2020 年に発電コスト20円／kWh以下を実現する要素技術を確立する。

5. おわりに

海洋エネルギー発電に関しては，世界的に商用利用されているものは少なく，未だ実験レベルにある。2011 年度から開始した，5ヶ年プロジェクトの海洋エネルギー技術研究開発は，未だ技術が確立されていない，波力発電や潮流発電について，2015 年に発電コスト 40 円／ kWh 以下を目標に想定海域における FS及び実証研究を実施し，発電システムを確立する。併せて，海洋温度差発電や海流発電について，2020 年に発電コスト 20 円／ kWh 以下を目標に要素技術を確立する。そして，各国の研究開発動向を踏まえ，価格競争力を有する海洋エネルギー発電システム及び要素技術を確立し，海洋エネルギー発電の国内導入や我が国企業の国際競争力強化を図る。

［筆者紹介］
大重　隆（おおしげ　たかし）
㈱新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
新エネルギー部　風力・海洋エネルギー担当

風力発電の原理・構造と建設

天野義如・長沼二巳

当社は，風車メーカとして1980年代初頭より大型風力発電装置を約4,000台生産し国内外に供給してきた。しかしながら，風車発電の国内における供給比率は，全電力供給量の0.5%と非常に少ないのが現状である。但し，欧州における風力発電導入の状況をみれば，今後の導入拡大の余地は大きいと考える。本稿では，風力発電の概要とこれまで取り組んできた大型風車の建設の状況を紹介する。

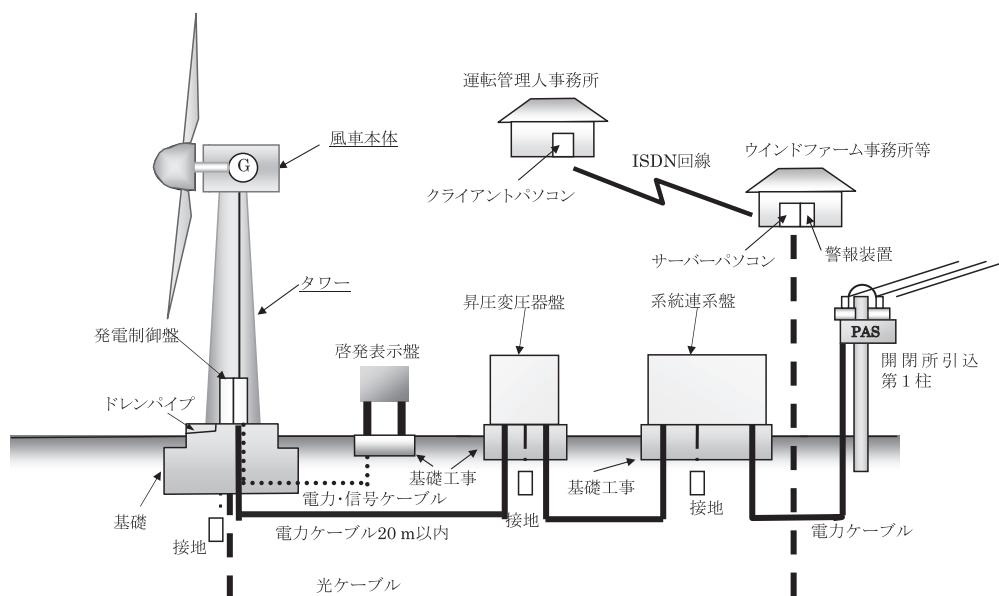
キーワード：風車，風力発電装置，風，発電機，タワー，ブレード，ナセル，再生エネルギー

1. はじめに

風力発電は，世界において新エネルギーのジャンルから既に脱し，一般的な電源として普及が拡大している。2011年における世界の風車の累積導入量は，約20万台・2.4億kWに達しており，ヨーロッパにおいては新設電源の2～4割を占めるに至っている。風車導入量は，毎年約30%の高成長が続いており，2020年には10億kWに達するとの予測がでている。一方，日本における2011年末の累積導入量は，1,832台・250万kW（JWPA調べ）であり，世界13位である。国内の風況・立地等の様々な制約により未だ本格的普及に至っていない状況であるが，部品メーカを含めた国内風車製造産業は既に雇用5,000人以上と年商3,000億円以上の波及効果を生んでいる。さらに今後は，再生エネルギーのひとつとして，国内における普及の拡大が見込まれている。

本稿では，風力発電装置の概要，そしてこれまで取り組んできた大型風車の建設の実態を紹介する。

2. 風力発電システム

風力発電システムを**図—1**に示す。風のエネルギーを回転力に換えるロータ部，その回転力を電気に変換する増速機・発電機であるナセル部，そしてこの二つの部分を支えるタワーで構成される。電気系統は，発電機から動力ケーブルによりタワー内を通り地上に降り，電力系統につながれることになる。

図—1 風力発電システム

3. 風車の構造と制御

現在の典型的な大型風車は，3 枚の翼（ブレード）と発電機等の機器を格納するナセル，そしてそのナセルを支える鋼製モノポールタワーからなる。2MW 級風車でナセルまでの高さは 70 ～ 100 m であり，ブレード先端位置の最高点では 120 ～ 150 m に達する。ナセル重量は 100 t 以上，タワー・ブレードを含めた総重量が約 300 t となる巨大構造物である（**図― 2**）。

ナセル内部には，ブレードを支える軸受，その回転エネルギーを電気に変換する発電機，機種にもよるがブレードの回転数を発電機に適した回転数に増速するギアボックス（増速機）などが設置される（**図― 3** 参照）。風車は，分類の仕方によるがその構成部品数は約 1 ～ 2 万点と言われており，電気・制御品，鉄鋼品，機械品，油圧機器，樹脂成型品等の大小多種多様な部品の集合体である。これら各構成部品は，風車特有の荷重・環境条件より，汎用品ではなく風車専用品のも

図― 2　大型風車の構成

のも多いという特徴がある。

変動する風のエネルギーを効率的に電力エネルギーに変換するため，現在の風車では以下の制御を行っている。

①ヨー制御：ナセルをタワー上端部で回転させ，ブレード面を風上に正対させる。

②ピッチ制御：風速に応じてブレードの取付角度を変化させる。

③可変速制御：風速に応じてブレードの回転数を変化させる。

④補機制御：冷却装置等のナセル内機器の制御を行う。

4. 風のエネルギー

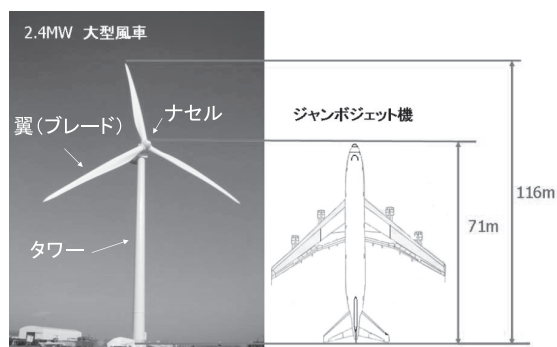
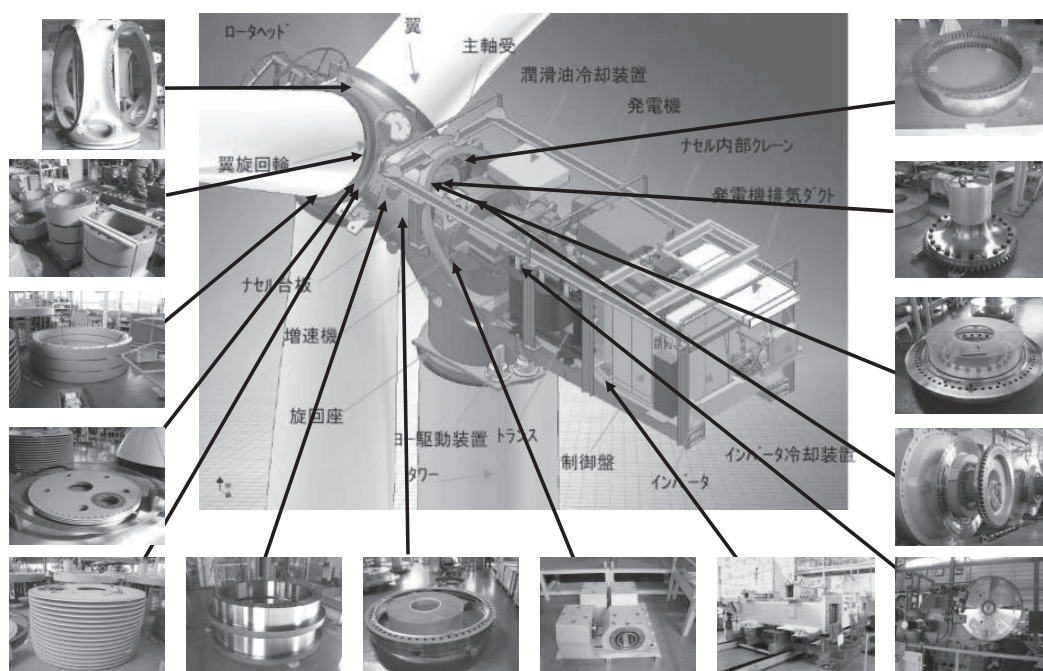
風，すなわち空気の流れのもつエネルギーは，運動エネルギーである。風車の翼の受風面積を A ［m^2］とし，この面積を単位時間あたりに通過する風速を v ［m/s］とすると，風のエネルギー P_{wind} ［W］は，次式で表される。

$$P_{wind} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(\rho Av)v^2 = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

ここで，　$A = \pi D^2/4$: ロータ直径

　　　　　ρ ：空気密度

上式から，風力エネルギーは，受風面積つまりロータ径の 2 乗に比例し，風速の 3 乗に比例することがわかる。このことから，風車は，少しでも強くそして安定的に風の吹く場所に立てることが重要となる。

風は，地表の摩擦の影響を受けるため，地表に近いほど弱くなる。風の高度分布は，地表面の状態（粗度）に

図― 3　大型風車（ナセル部）の構成

よって異なり，地形が複雑なほどまた粗度が大きいほど地表面付近での風速低下が大きくなる。地表面(海表面)の粗度が小さい洋上に設置する風車は，この点で陸上風車に対して大きなアドバンテージを持っていると言える。

全世界における風力エネルギーの賦存量は，陸上において 4×10^4 TWh といわれており，この値は世界の電力需要の2倍以上というものである。さらに，洋上における賦存量は，陸上の10倍とされる。一方，日本において，洋上を含む風力発電の賦存量は，782 GW ともいわれており，膨大な潜在エネルギーが存在していることになる。

5. 風車の建設

“段取り八分”とは昔から工事現場で言われてきていることであるが，風車の建設工事もその例外ではない。風車建設工事は，「大物の輸送が想定されていないところを運ぶ」「風の強いところで風に弱い工事をする」と，矛盾が多くある作業環境である。矛盾を多く抱えた風車の建設工事であるが，輸送・建設共に事前に情報を集め，それらによって最適な工事計画を立案し，これを実現出来ないリスクを排除あるいは低減することが現地建設玉成への近道である。

ここで，リスクは過小に評価せず，得られたデータから導き出されるリスクを整理，優先順位をつけることで工事開始前に消しこんでいくことが重要である。

(1) 風車建設場所

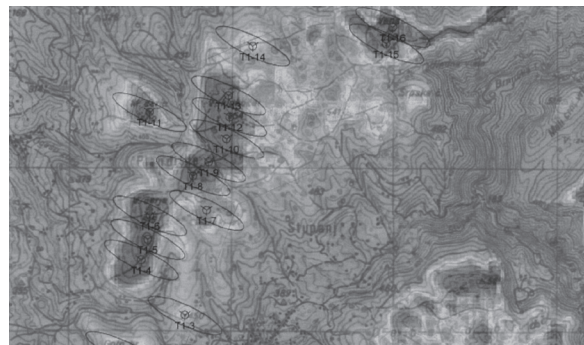
当社が現在生産している 2.4 MW 風車 MWT92/2.4 は，日本市場を念頭に置き開発された機種である。台風の襲来，山間部に建設される等，日本固有の気象・地形条件に合致し，風車の高さを山間部での取り回しが良い大型油圧クレーンで建設できるように設計している。

写真―1，**写真―2** は，国内と海外の風車設置場所の典型的な地形差を示す。このように，国内における風車設置場所は海外と比較すると各種制約が多く，詳細な工事計画を必要とする。

写真―1 国内の風車設置状況

写真―2 海外の風車設置状況

(2) 風車の配置

ウインドファームの設置地域が選定された後には，各風車の建設場所の選定を行う。開発予定地域内に最大の経済性が得られるように風車を配置する検討作業をマイクロサイティングと呼ぶ。風の強い場所から順に配置するのは当然だが，風車の相互干渉（ウェイクロス）や，地形の起伏による乱流も考慮する必要がある。専用の風況解析プログラムを使用して検討を行う(**図―4**)。尾根筋の色の濃いところほど，風速が高いことを示す。ウェイクロスを抑制するために，風車の前後左右に一定の離隔（図中の楕円）を取って配置する。一般に風は上空ほど強いので，尾根筋にそって風車を並べることが多い。

図―4 風況解析の例

ただし，下記に示す制約要因で風速の高い場所に風車が建てられない場合もある。また，各種の規制や，サイト内の道路の造成についても勘案する必要がある。道路については，勾配10％以下に抑えること，道幅を直線部においては5 m とるのが好ましい。コーナにおいては軌跡図を描き個別に検討する必要がある。風車の配置は，開発事業者がこれらの要因を総合的に判断して，最終的に決定することになる。

【風車配置の制約要因】

・地　　形：風上方向の隆起等で乱れが発生し易い場所は避ける。

・湧　　水：基礎造成に伴う掘削で地下水の湧水が予

想される場所も不適。

・地　　盤：取り除けない岩が障害になったり，軟弱地盤で杭基礎が必要になる場合がある。

・用地種別：保安林，農地等の面積により，申請手続きが難しくなる場合がある。

・所 有 者：国・地方自治体・個人の所有権が入り組んでおり，調整に時間がかかる場合がある。

・騒　　音：民家から一定の離隔を取って風車を配置すると共に，開発事業者が近隣住民に事前に説明して納得を得ることが大切と考える。

・バードストライク：衝突を避けるために，頻繁に鳥の通る場所を避けて配置変更した例もある。

・電波障害：テレビや通信の電波の通路は避ける必要がある。

・景　　観：観光地等で景観を損ねないように配慮を求められる例もある。

(3) 輸送計画

(a) 水切り港

タワーやブレード（翼）など長尺重量物を持ち込む為に，多くの場合建設現地に近隣の港（岸壁）を利用することになる。海上輸送に使用する船舶（外航船，内航船，バージ船）によっては接岸条件（水深，岸壁の長さ）が異なってくるので水切り港の選択は風車建設工事の重要なポイントの一つである。

(b) 内陸輸送

陸上輸送に関しては，最も重い部材　最も長い部材を運べるかがポイントとなる。

①最も重い部材

ナセルやタワーが該当する。橋，高架等，通行する重量に制限がある場合，輸送車両が通過できるかを確認する必要がある。特に山間部など，もともと重量物が通過することを想定していない経路においては，注意が必要である。

②最も長い部材

多くの場合，翼が最も長い部材となる。輸送経路上のコーナ部における道幅，道路両側の地形はもちろんであるが，標識，電柱等の障害物を考慮する必要がある。地形等の関係で翼をトレーラに搭載した状態ではどうしても通過できない場合等は，**写真—3** に示すような，ブレード（翼）起立装置が使用されることもある。一部の現地では，大型輸送ヘリを使用した実績もある。

(c) その他留意事項

港，道路，橋，トンネル等，改修工事により道路が閉鎖することも考えられるため，これらの工事の予定

写真—3　ブレード（翼）起立装置

があるのであれば，風車建設工程についても勘案する必要がある。

(4) 建設計画

(a) 重機の選定

風車建設工事においては，国内には希少な巨大重機を長期間使用するため，適切な重機の選定が必要となる。ナセルモジュールの重量は，治具込みで最大 65 t 程度（2.4 MW の場合）であり，タワー上端部の 70 m/80 m といった高所に据付けることが必要であるため，大型重機の使用が必要となる。使用される重機のうち，クレーンは**写真—4** に示すような，オールテレーンクレーン（以下油圧クレーン）とクローラクレーンとに大別される。

両者の比較を**表—1** に示す。表中の○印が有利な項目である。

山岳地帯で風車を建設する場合には，アクセス道路の幅も狭く，移動時の解体範囲も少ない油圧クレーンが有利であるが，吊上げ重量がクローラクレーンに比べ，小さい欠点がある。

写真—4　油圧クレーン（左）とクローラクレーン（右）

表—1　油圧クレーンとクローラクレーンの比較

	油圧	クローラ
吊上げ重量		○
車幅	○	
吊上げ中の移動		○
組立・解体	○	

昨今の風車をめぐる市場・環境の変化により，翼，ハブ高さ共により長大化する傾向であり，今後主力となる風車はロータ径 95 m 以上，ハブ高さ 80 m 以上となる傾向である。そのため，設置用重機の選択がクローラクレーンに偏る傾向にある。

ここで，クローラクレーンを使用する場合の留意点を述べる。前述のように油圧クレーンに比べ，吊上げ重量が大きい利点があるが，風車間の移動の際，解体しないまま移動しようとすると 15 m 近くの通行路が必要となってしまう。この場合，道路拡幅工事にかなりの労力を注ぐことになってしまう。そのため，クローラクレーンを都度解体することが多いが，この場合，移動のために風車の建設と同じ，あるいはそれ以上の日数が必要となることを念頭に置く必要がある。

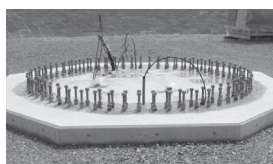
かつて風車は国内において 1 プロジェクト当り 1 ～数台の設置がほとんどであったが，建設における経済性を重視するのであれば，複数台建てることが望ましい。基本的に重機の搬入・撤去に伴う費用は 1 台建てる場合も 10 台建てる場合も同等であり，風車の設置台数が少ないほど 1 台当たりにかかる重機の搬入・撤去費の割合が大きくなってしまう。特にクローラクレーンにおいては，使用費よりも搬入・撤去費が高い場合もあるので，注意が必要である。

(5) 造成計画

クレーンの種別，風車設置場所へのアクセス方法が決定された後，造成計画を行う。国内では山林や牧場に建設されることが多いが，それゆえに現場及びその周辺区域（保安林，農地，私有地　他）における多くの制限がある中での計画となる。造成においては，風車部材の置き場所を考慮することはもちろんであるが，クレーンの組立て場所を確保することを忘れてはならない。特にクローラクレーンを使用する場合，ブームを組立てる場所の確保が必要である。

クレーンの配置場所についても，敷地内は盛土，切土が混在した平面となるが，クレーンが要求する地耐圧を確保するためにも，クレーンは切土側に配置することが必要である。

(6) 風車組立方法

風車の組立は，基本的に基礎上に部材を下から順番に積上げて，施工する。以下に風車組立の概要を説明する。

①基礎

風車タワーと基礎との結合はアンカボルトを介して行う。タワーの第一節，あるいは第二節を据付けて芯を出した後に，基礎とタワーの境界部にグラウト施工を実施する。

②タワー

タワーを下から順番に３から４段積上げていく。このとき注意すべき点は，タワー固有振動数とカルマン渦発生の周波数が合致することによるタワーの共振である。この共振を避けるため，タワー最上段積上後，速やかにナセルを上架する。

③ナセル

ナセルをタワー上端部に据付ける。この際にポイントとなるのは，ナセル旋回軸受と主風向との位置関係である。軸受にはソフトゾーンがあり，主風向方向と重ならないように設置することが重要となる。

④ロータ

風車建設において最も見ごたえのあるシーンである。ナセルの主軸とロータの関係が決まっている場合は，合いマークを合わせることが必要。

写真―5　風車の組立

風車の据付時の注意点として，各部材を締結するボルトが挙げられる。使われている高力ボルトは，降伏点近傍まで締め付けられており，ボルト・ナット座面の清掃が不十分等の原因によりトルク係数が低下すると，軸力が過大に掛けられ，ボルトの降伏・折損といった不具合に繋がるので注意が必要となる。

(7) 天候

そもそも風車というものは風の強いところに建てるものである。しかしながら，クレーンは風速10 m/s以上では使用できない。故に，作業可能時間を予測することが重要となる。

過去数年間の天気予報から作業可能な時間を割りだす方法もあるが，建設場所では，風車建設前に風況観測塔を建て，風況データを取得している為，そのデータから割り出すのが最も実用的である。導き出された作業可能な時間を有効に使用するのが計画段階では肝要となる。

最近は局地的な予報や官公庁発表のレーダ等の情報も豊富にあるため，建設工事開始以降は先を見た作業計画が必要である。場合によっては，早朝，深夜の工事になることもあるが，過労による災害を避ける意味でも，作業員に無理をさせないよう，適切な作業時間を設定するのが重要である。

(8) 風車建設における効率化

風車建設では，設計部門と協調し，効率化を進めている。以下に実現例を紹介する。

(a) 翼多段積みのための架台開発

写真―6は，輸送・建設サイドの要望により，保管時の翼の占有面積低減のため，翼の多段積みができるようにしたものである。

写真―6　実証機での輸送架台（左）と量産機での輸送架台（右）

(b) 翼一本付け工法の確立

標準的な工法では地上でハブに翼三本を取り付け，組みあがったロータを一体で上架する方法を採用するが，特に日本国内においては，敷地の造成面積を減らし，土木開発費を削減するため，また森林の伐採面積を最小限にするために翼の一本付けの要望があった。特に森林伐採面積の低減については環境保全及び産業廃棄物低減の二つの利点がある。

施工法の確立において，実際の翼を使用してどれだけ傾けられるかなど，現地での使用において予想される条件を模擬することで，検討結果と合致するかの検証試験を行っている。

(c) ナセル一体吊上げ工法の確立

日本国内では大型油圧クレーンの吊上げ能力等の理

写真―7　翼一本付け工法

写真―8　現地でのナセル一体組み

写真―9　現地でのナセル一体吊上げ

由により，MWT92/2.4 のナセルは 3 分割構造となっており，個別のモジュール毎に上架され，上空でこれらのモジュールを接合する工法が採用されているが，日本よりも大型の重機が充実している海外においては，**写真― 7, 8** に示すように，ナセルを地上で組立て，一体で上架する工法が望まれた。地上で作業することにより，重機の拘束時間の短縮，及び安全管理，品質管理が容易になる利点がある。

6. おわりに

風力発電の全電力供給量に占める割合は，欧州の風車先進諸国では 10％以上，EU 全体でも 6％に達している。日本における割合は未だ 0.5％と非常に小さく，今後の導入拡大の余地は大きいと考える。風力発電の導入が進んでいる欧州・米国・中国の例をみれば明らかなように，風車の導入拡大には国の政策関与が不可欠である。既に国によって導入が決定し，現在詳細制度検討中の FIT（フィードインタリフ）制度をはじめとする，国の更なる導入促進策を期待したい。

今後とも，製造メーカとして風車の供給により，再生可能エネルギーの普及に引き続き貢献していく所存である。

J C M A

《参 考 文 献》

1）日本風力発電協会（JWPA）ウェブページ　（http://jwpa.jp/）
2）World Market Update 2010, BTM Consult
3）Wind in power 2011 European statistics（EWEA 2012/02/06）

[筆者紹介]

天野　義如（あまの　よしゆき）
三菱重工業㈱
エンジニアリング本部　建設統括部
長崎プラント建設部　風車建設グループ
主任

長沼　二巳（ながぬま　ふたみ）
三菱重工業㈱
原動機事業本部　風車事業部
企画営業部　企画事業推進課
主席技師

特集≫≫ エネルギー・エネルギー施設

レンズ風車と洋上浮体式複合エネルギーファーム

大 屋 裕 二

風力エネルギーの有効利用に関する研究である。特色は，風エネルギーを集中させて風力発電の効率を飛躍的に高めた新しいタイプの風力発電システムの開発（レンズ風車と名付けた）と，数値風況予測の高精度シミュレータ（リアムコンパクトと名付けた）にある。数年に亘る研究の結果，従来の風車と比べ，2-5 倍の発電出力の増加を達成し，小型（1-5 kW 機）・中型（100 kW 機）のレンズ風車を開発した。風力エネルギーのより大きな獲得のため，海上展開を図った。博多湾に直径 18 m の六角形浮体を浮かべ，3kW レンズ風車 2 基と 1.5 kW ソーラーパネルを搭載した世界で初めての浮体プラットホーム式のエネルギーファームを実現した。

キーワード：風力エネルギー，風力発電，レンズ風車，数値風況予測，海上浮体，浮体式風力発電，複合エネルギーファーム

1. はじめに

地球環境問題と同時に，昨今では化石燃料の代替，原子力依存からの脱却というエネルギー確保の問題から再生可能エネルギーの開発利用に大きな期待が寄せられている。再生可能エネルギーは言葉の通り，無尽蔵に利用でき，かつクリーンである。環境省の 2011 年 3 月の報告書にもあるように，日本においても風力エネルギーのポテンシャルはずば抜けて大きい。年間平均風速が 6.5 m/s 以上の適地に絞りこみ，かつ国土利用や広大な面積が必要（新エネ機器は面積機器とも呼ばれる）など，いろいろな制約を考慮しても，約 2 億 kW の電力を生ずることができる。これは日本の電力 10 社の最大出力とほぼ匹敵する。最近，世界では新規の電源設置において風力が第 1 位になっている国が多い（例えば米国も）。

エネルギー安定供給の観点からは，風力だけ突出することはなく，太陽光，地熱，水力，バイオをそれぞれの寄与で利用できれば，再生可能エネルギーだけで日本の総需要の電力を賄うことは可能である。

風力産業界における最近の動向は，海上への進出と風車の大型化である。現在は 2-3 MW 機が主流であるが，海上風力発電では，5 MW 機，10 MW 機の開発に着手されている。しかし，大きいことはそれほどいいことであろうか？現在の 2 MW-3 MW 機から 5 MW 機以上へ大型化するには，新材料の新ブレードの開発，タワーの強度，メインテナンスなど多数の困難な問題を克服せねばならない。以下に紹介するのは，従来の開発済みのブレード長さで，5 MW 機の出力を可能にする一つのアイデアである。

2. レンズ風車とは

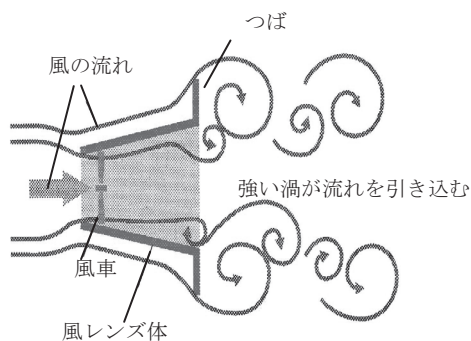
風車による発電量は風速の 3 乗に比例する。水力発電がダムによって水のエネルギーを集中させることによって成立するように，風力発電においても地形や構造物の流体力学的性質をうまく利用して風を増速させ，風エネルギーを局所的に集中することができれば，発電量は飛躍的に増加し，発電適地は拡大し，発電可能日数も増えることが予想される。このように積極的に風のエネルギーを集めることは，従来ほとんど研究の対象とされてこなかった。本研究では，風のエネルギーを効果的に集めるにはどのようにすればよいか，集められた風から有効にエネルギーを取り出すには，どのような風車にすればよいかということを研究目的とした。「レンズ風車」とは，風を集めるという意味をこめて新しい研究の目的を象徴するように与えた名前である。

(1) ディフューザタイプ（拡大型）の集風体

実用化を考えるとき，単純な構造体で集風効果を生み出したいと考えた。ノズル部（縮小型），ディフュー

ザ部（拡大型）を基本形として流れの中に置き，中心軸上の速度変化を調べた。その結果，ディフューザ部の入口近くで大きく増速されることがわかった。一般に風を集めようとするとノズル形状の出口付近が最も速い流れが作られるような常識にとらわれるが，結果はディフューザの入口付近で最も増速できることが分かった。しかし，この発見はいわゆる「車輪の再発見」であった。

(2)「つば」という渦形成板のアイデア

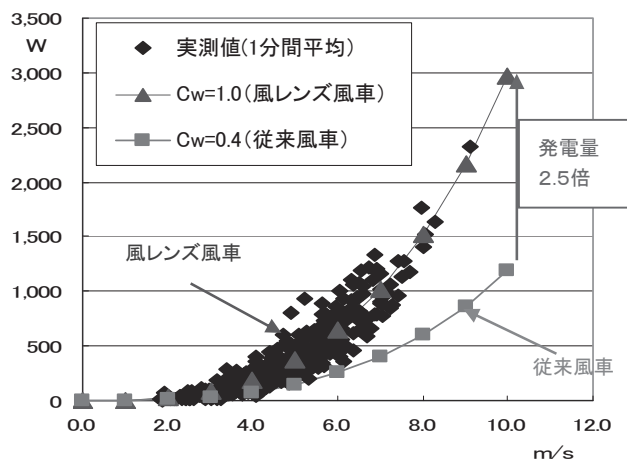
ディフューザ部の長さを長くすると入口付近の風速はさらに速くなるが，短いディフューザで速い流れを作りたいと考えた。そこでディフューザ出口周囲に「つば」と称して，渦形成板を取り付けてみた。普通，物体周囲流を考える場合，主流に対して妨害物となるようなものはつけないのが常識であるが，「つば」の設置はまさに逆転の発想であった。「つば」という渦形成板は，その強い渦形成のため背後に低圧部を生成し，風は低圧部をめがけて流れ込んでくる。そのためにディフューザ入口付近ではさらに大きな増速効果が得られる。**図—1**にその概念をスケッチしている。このようにして集風加速体としての「つば付きディフューザ」（風レンズ）が生まれた[1), 2)]。

図—1　風速増加のメカニズム

レンズ風車の長所をあげると，

①2−5倍の高出力を達成（風エネルギーの集中「風レンズ効果」を利用）。
②「つば」によるヨー制御（出口端の「つば」は，風見鳥のように，風向きの変動に応じて風レンズ風車を回転させ，常に風車が風向きに正対する配置に制御する）。
③風車騒音の大幅低減（ブレード先端渦がディフューザ内部境界層と干渉し抑制されるという流体力学的メカニズムで，空力音が大幅に低減して騒音は気になることはない[3)]）。
④安全性の向上（高速で回転する風車が構造体で覆われている）。
⑤バードストライクを回避できる（ネット装着，発電性能は劣化しない）。
⑥集風体の頂部に避雷針（雷害を回避）。
⑦優れた景観性（丸い輪が「和」を呼ぶ）。

3. コンパクトレンズ風車の開発—中型・大型風車への適用を目指して

現在，中型風車への適用を目指して，よりコンパクトなつば付きディフューザ（極端な場合，ほとんどリング状の「風レンズ」になる）の最適形状を検討中である。風洞試験において非常に短いディフューザにしてもその最適形状と適切なつば高さを選定すれば2−3倍の出力増加が得られている。**図—2**にロータ直径2.5 mのコンパクトレンズ風車の試作機を示す。これは定格風速10 m/sで3 kWの発電性能を示している。**図—3**に野外での発電性能結果の一例を示す。**図—3**のCw = 1.0はロータの回転面積を基準にしている。レンズ構造体の外径をとって面積基準にするとCw* = 0.54になる。普通の高性能な大型風車でもCw = 0.4

図—2　3 kW レンズ風車

図—3　3 kW レンズ風車の野外試験

くらいなので30％大きい値となる。これが意味することは，普通の風車をそのまま大きくし，風レンズの外径まで大きくしてもレンズ風車の出力に追いつくことはできないということである。

4．プロジェクト実施例および今後の展開

(1) 福岡市との共同研究─海に面した都市における風力エネルギーの利用

福岡市環境局との共同試験で，2009年11月に，5 kWレンズ風車（定格風速12 m/s）を百道浜海浜公園に3台（**図─4**），みなと100年公園に1台設置した。海に面した福岡市は（**図─5**），その海岸沿いでは，小型風車のハブ高さの12 mにおいても，年平均風速が4 m/s程度を期待できる場所がある。実地形のGIS（地理情報システム）を利用した数値風況シミュレータのリアムコンパクト[4]で風況解析した。室見川河口付近では，風が収束し，風車立地には良い風況になっていることがわかった。このような小型風車を建設可能な場所を数カ所ほど選定し，小型分散電源として風力エネルギーの利用を図る計画である。

図─4　福岡市百道浜海浜公園に設置した5 kWレンズ風車

図─5　大きな河口（室見川）がある海岸線
（福岡市，百道浜海浜公園）

(2) 九州大学次世代エネルギープロジェクト

九州大学伊都キャンパスにおいて水素生成のためのクリーンエネルギー源としてレンズ風車の有効利用プロジェクトが進んでいる。将来は水素社会が到来すると期待されるが，水素は2次のキャリアである。この水素を風力や太陽光などのクリーンなエネルギーで生成し，エネルギーの生成から消費までの全体システムをCO_2，温暖化ガスをなるべく排出しないエネルギー循環システム構築の試験が始まっている。**図─6**に示すように次世代エネルギー実証施設として100 kWレンズ風車を開発中である。これはロータ直径が約13 mで，通常の100 kW風車の3分の2の大きさである。したがって騒音源としての規模も小さく（面積比例なので半分以下になる），さらに2.（2）節の長所③（レンズ集風体のわっかによるブレード先端渦の抑制）とあいまって，同出力の従来風車に比べ格段と低騒音になることが実証されつつある。

図─6　100 kWレンズ風車（定格風速12 m/s，九大伊都キャンパス）

5．洋上浮体式複合エネルギーファームを目指して

すぐに深くなる近海を有する日本では，ヨーロッパのような着床式の洋上風力発電は困難である。そこで浮体式風力発電が計画されている。現在，日本で進行中の浮体式風力発電には3種類ある。ケース1は，ブイに風車がとりつけてあるスパー式で，浮きのように直立して浮かぶ。長崎県五島市桃島の沖合1 kmに出力100 kWから始めて将来は2 MW級の風車をスパー式で浮かべる予定である。ケース2は，福島県の沖合30－40 kmに2 MW級6基ほどで構成されるウインドファームの計画である。これは周辺に配置した複数の浮体で一基の大型風車を浮かせる方式になると予想される。

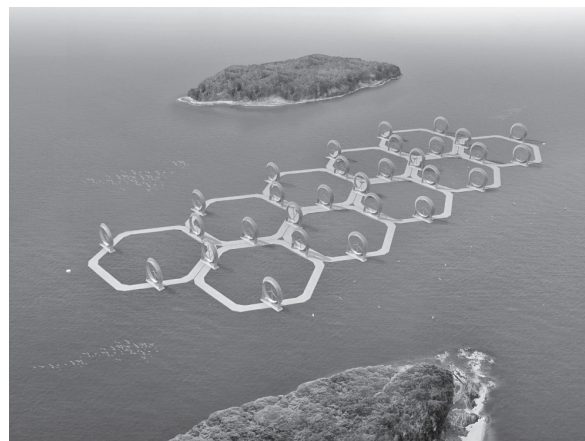
ケース3としては，ここで紹介するように本格的な

大規模浮体をプラットホームとして浮かべ，これに風車，太陽光，波力，潮流などを複合したエネルギーファームとして使う。また，大面積の浮体を利用して，海洋牧場，植物工場，電気船の充電基地，資源探査基地などの多目的利用を考える。したがって，先のケース 1，2 の浮体式風力発電構想とは一線を画する。この移動可能で係留可能な大型浮体の技術はメガフロートとしてほぼ確立している。あとは 50－100 年のインフラとなるような構造材料が必要である。現在，その芽は出現している。セミサブのトラス構造としての大型浮体を特殊コンクリート製，あるいは防錆性が優れた鉄製海洋構造物で製作可能である。コンクリート，鉄，それぞれ長所，短所があるが，それらの長所を組み合わせたハイブリッド浮体構造物のコンセプトが有望である。しかし，当面は海上における耐波浪，衝突強度特性のデータ蓄積から鉄製構造物で製作される可能性が高い。現在，これらのコンセプトをデザイン中である。

また，レンズ風車の大型化に関して，ロータ直径 90 m 級が CFRP などの炭素繊維材料を用いれば，レンズ体が構造力学的に可能と評価されている。発電量は 5 MW クラスである。これを洋上に数十台規模で配置すれば，小さな原発一基分相当になる。レンズ風車が大型化される場合，レンズ集風体は台風時などに大きな風荷重を受ける。

したがって比較的小さなつば高さにして風荷重を小さくし，かつ，レンズ風車の支え方も従来のモノポール方式とは全く異なり，多点支持を採用する予定である（**図―7，8**）。

洋上風力発電，洋上エネルギーファームの普及は二つの方向で進むと考えられる。一つは，小型・中型の分散型電源としての確立である。この発電定格は数 MW クラスになる。以下のステージ II で説明している規模である。これは沿岸の沖合数 km 以内で，すでに離島に向けての海底ケーブルが敷設されているところが望ましい。沖合で発電した電力をエネルギー変換することなく，系統連系で陸地へ送り，沿岸部地域の数百世帯の電源を賄う。つまり，ローカルなスマートグリッドシステムのためのエネルギーファームである。

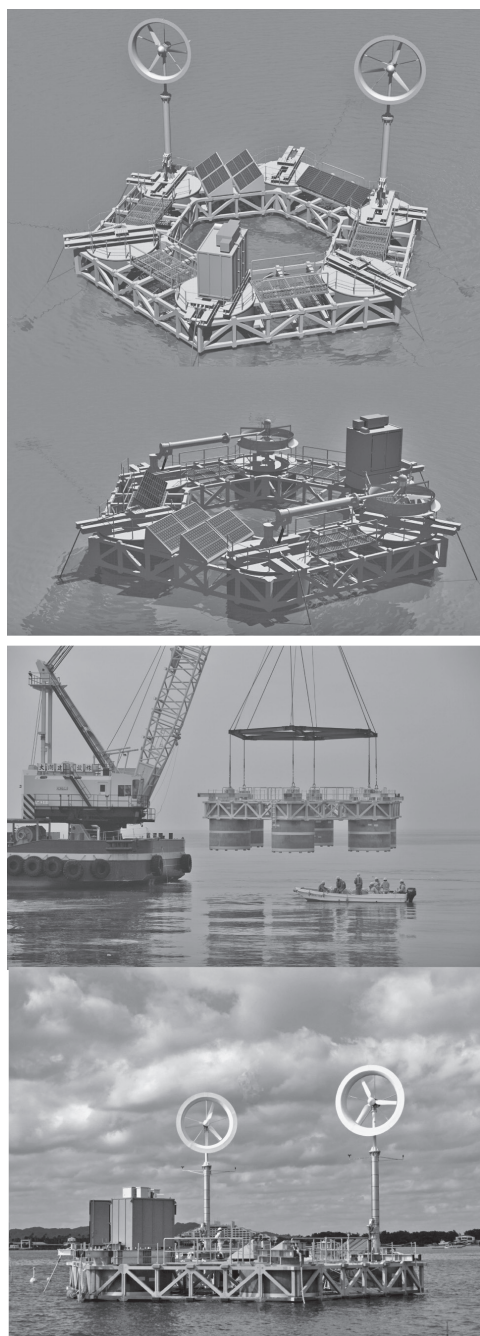
図―7　洋上浮体式複合エネルギーファーム（浮体 80 m 直径の連結，風力 200 kW レンズ風車と太陽光で数 MW 級の実用型エネルギーファーム）

図―8　洋上浮体式大規模風力発電ファーム構想図 [5]
（九大 SCF 研究会提供）

二つ目は，かなり遠洋に出て，大規模浮体で大規模なエネルギー創出を行う。これをなるべく高効率な方式でエネルギー変換して船で陸地へ運ぶ。大都市，大産業地域への大電力の輸送である。遠海での浮体基地は，海上都市，資源探査基地，遠洋漁業の中継基地などとして利用されるだろう。

本格的な洋上浮体式複合エネルギーファーム実現のため，ステージ I を計画し，実行した。現在，ステージ II を検討中である。

ⅰ）ステージ I：平成 23 年 3 月，九州大学応用力学研究所の大型水槽で，そのモデル試験の第 1 歩を踏み出した。モデル実験での様々な試行錯誤を重ね，平成 23 年 12 月 4 日，博多湾に直径 18 m 程度の浮体を浮かべ，3 kW レンズ風車 2 基および太陽光パネル 1.5 kW を搭載した浮体式小型複合エネルギーファームを実現した（**図―9**）。現在，風力，波浪，浮体動揺など種々のデータを取得中である。

ⅱ）ステージ II：ステージ I での浮体式エネルギーファームで取得中の様々なデータの解析をしながら，次の実用化規模の浮体式エネルギーファームを計画している。**図―7** に示すように，浮体規模は約 80 m，複数連結型にする。この上に 200 kW クラスのレンズ風車，計 1 MW 級の太陽光パネルを設備し，3 MW 級の浮体式複合エネルギーファームとする。この電力を数 km 離れた陸地へ海底ケーブルで送る。

海洋国家の日本がエネルギー自給の道，および

図―9　博多湾プロジェクト（ステージⅠ）2011
18 m 直径浮体，3 kW レンズ風車2基，1.5 kW 太陽光パネル，計 7.5 kW エネルギーファーム

1990年比で25%のCO_2削減を探るため，洋上風力，洋上太陽光発電，波力，潮流発電の洋上浮体式複合発電ファームの道を開拓したい。

6. おわりに

新しく開発したレンズ風車というもの，この将来への可能性について論じてきたが，何よりも，尖ったブレードが回る風景が，周囲の風レンズの「輪」によって，より景観になじむ「和」が演出されると筆者は思う。

日本では太陽光発電への支援が圧倒的に大きい。しかし，世界に目を転じると，風力産業は自動車産業に次いですでに第2位の産業へと発展している。機械産業なので，そのすそ野はひろい。中小メーカーなどへの波及効果が大きく，大きな雇用拡大のチャンスもある。イソップ物語の「北風と太陽」は最後の一文が削除されて全く違った意味に解釈されている。本来，太陽と北風は同列で，適材適所と現代の新エネ利用に訴えていると思う。

現在，地球環境問題，エネルギー問題に加えて，経済危機，社会の不安定，貧富の格差など，山積する世界の問題の中で地球は疲弊しきっている。それを引き起こしている人間もひどい有様だ。

しかし，アメリカのエイモリー・ロビンス，トーマス・フリードマンなどが提言しているように，一つの光明が見出せる。それは環境産業，特に新エネルギー産業への産業パラダイムシフトであろう。第1次が石炭と蒸気動力による大英帝国の反映，第2次が石油の発見によるアメリカ発の機械文明，いずれも地球資源を収奪する産業構造である。石炭・石油という化石燃料依存と決別する低炭素社会に向けて，現在の産業の転換は第3次産業革命と言われるかもしれない。自然と共生可能な産業社会になるのであろうか。イギリスのラブロックによるガイア仮説というものがある。地球はバクテリアから哺乳類，この大気圏，水圏を含み，一個の超生命体である。人類と自然が共生していくためには，人間を中心としたエコロジーから地球を中心としたエコロジーへ視点の転換が必要である。

JCMA

《参考文献》

1）大屋裕二，「新型風車あれこれ—風レンズ風車—」，ターボ機械，33-7，pp.59-62, 2005.

2）Ohya, Y., Karasudani, T.: A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Wind-lens Technology, Energies 3, pp.634-649, 2010.

3）Abe, K., Kihara, H., Sakurai, A., Nishida, M., Ohya, Y., et al.: An experimental study of tip-vortex structures behind a small wind turbine with a flanged diffuser, Wind and Structures, pp.413-417, 2006.

4）内田孝紀，大屋裕二，諏訪部哲也，李貫行：非定常・非線形風況シミュレータ RIAM-COMPACT によるウィンドファーム風況診断の提案，日本風力エネルギー協会誌，Vol.30，No.2，通巻78，pp.101-108, 2006.

5）太田俊昭（九州大学名誉教授），洋上風力・太陽光発電の道，発行者：加藤尚彦（NGOAEGS 代表理事），2009年5月.

［筆者紹介］
大屋　裕二（おおや　ゆうじ）
九州大学
応用力学研究所
教授

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

太陽光発電の現状と今後

亀 田 正 明

2011年3月11日に発生した東日本大震災とこれに伴う福島原子力発電所事故の発生という未曽有の災害は，改めてエネルギーの問題を日本国民全体に鋭くつきつけることとなった。3月11日以降，太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーに対する注目が大いに高まったことは周知のとおりである。2010年度には，1 GWの国内導入量を突破した太陽光発電の普及の状況を見ながら，さらなる普及に向けた今後の展開について述べる。

キーワード：太陽光発電，固定価格買取制度，余剰電力，メガソーラー，太陽電池モジュール，認証制度，系統連系保護機能

1. はじめに

近年，太陽光発電は，これまでのエネルギー資源問題や環境問題解決の観点からだけでなく，産業として，また雇用促進の観点からも熱い視線が注がれつつある中で，2011年3月11日に発生した東日本大震災とこれに伴う福島原子力発電所事故の発生という未曽有の災害が発生した。これにより，日本は，改めてエネルギーの問題を鋭くつきつけられることとなった。この大災害の発生後，太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーに対する注目が大いに高まったことは周知のとおりである。近年の太陽光発電の普及の状況を見ながら，現状と今後について述べる。

2. 出荷統計から見る産業動向

これまで太陽光発電協会（JPEA）では，財団法人光発電技術振興協会（以下光協会）と共同で，太陽電池セル・モジュールの出荷統計調査を実施してきた。

最近の状況を少し振りかえりつつ，現在の状況を見てみると，**表―1**に示すように2007年の国内出荷量は845 MWと前年比92.2％となり，国内出荷量が伸び悩んでいた。この時期は，海外の旺盛な需要に支えられて順調に伸びており，4分の3を占める輸出が産業を支えていたと言っても過言でなく，完全に輸出依存型の産業構造となっていた。

しかし，2009年1月の住宅用補助金制度の創設により，大きく潮目が変わった。2009年の国内出荷量は前年度比1.2倍，家庭用太陽光発電からの余剰電力をこれまでの約2倍で買い取る制度が定着した2010年には更に1.75倍となった。

2011年は，国内出荷の割合が50％近くにまで伸び，海外の導入施策による輸出と国内市場の活況の二本柱が，バランス良く産業の伸びを支えているという状況にある。

2012年の太陽光発電産業は，国内向け，海外向け共に出荷量を大きく伸ばし，成長分野として内外から熱い視線を浴びており，特に住宅用太陽光発電については，順調に普及が進んでおり，2012年中には累計導入量100万戸が世界で初めて達成される可能性がある。

表―2に太陽光発電の普及が進んでいる各国の単年導入量を示す。暦年値では，2010年は，1 GWとは

表―1 日本の太陽電池セル・モジュール出荷量の推移（MW）

※括弧内は前年比（JPEA 調べ）

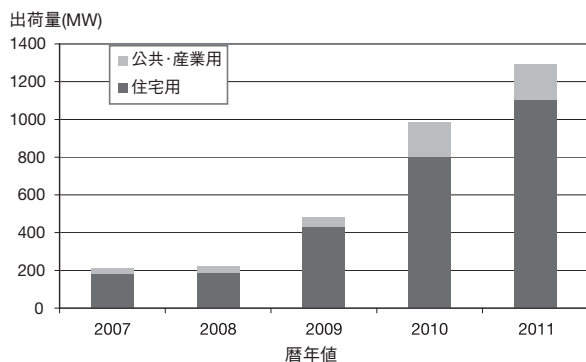
暦 年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
総出荷量	845（92.2％）	1,151（136.2％）	1,387（120.5％）	2,437（175.7％）	2,759（113.2％）
国内出荷	211（73.4％） シェア 24.9％	226（107.1％） シェア 19.6％	484（214.5％） シェア 34.9％	992（205.0％） シェア 40.7％	1,296（130.7％） シェア 47.0％
輸 出	634（100.8％）	925（145.9％）	903（97.6％）	1,445（160.0％）	1,463（101.2％）

表―2 各国の単年太陽光発電導入量（太字は年間 1 GW 超市場）

単位：MW	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
ドイツ	**1,274**	**1,955**	**3,799**	**7,411**
イタリア	70	388	723	**2,321**
日本	210	225	483	991
アメリカ	207	338	448	918
スペイン	557	**2,758**	60	392
その他	147	531	753	2,162
合計	2,465	6,145	6,265	14,195

出典：IEA PVPS T1-19:2010

なってはいなかったが，JPEA 出荷統計の 2010 年度値は 1,063 MW となり，ドイツ，スペイン，イタリアに続いて 4 番目に年間 1 GW 超の導入を達成した。

図―1にあるように特に 2010 年は産業用の伸びが著しかった。これは文部科学省が主導した「スクールニューディール計画」や，電力会社主導の発電事業用いわゆる「メガソーラー」が後押しになったものと考えられる。

図―1 国内出荷量の内訳

これまでの家庭に設置する「創エネ，省エネ製品」という側面から，「エネルギー源」としての太陽光発電に移行しつつある兆しが感じられる。

3. 普及に向けての課題

(1) 発電して余った電気の買取制度（余剰電力買取）

現在，いわゆる，余剰電力買取制度により，電力会社の送電線に接続（系統連系）することで，太陽光発電システムで発電した電気を売ることが出来る。**図―2**に余剰電力買取制度のイメージを示す。

現時点では住宅用と非住宅用では買取単価が異なるが，住宅用では 42 円／ kWh，10 年間固定（22 年度は 48 円／ kWh），非住宅用の場合は，買取価格は 40 円／ kWh となっている。2011 年 8 月，再生可能エネルギー電気に関する特別措置法案（いわゆる再生可能エネルギーの全量買取制度）が成立し，非住宅用は，

図―2 余剰電力買取のイメージ

2012 年の 7 月から，全量買取制度に移行することになる（住宅用の余剰買取制度は継続される）。全量買取制度における買取価格や買取期間等の条件は，今後の審議により定められる予定である。

住宅用太陽光発電システムを例にとり，余剰電力に関して，**図―3**の模式図で説明する。**図―3**の中央の一日の発電電力量と消費電力量の模式図で示すように，太陽光発電は昼間しか発電しないので余剰電力が発生するのは昼間だけとなる。この時間帯に家庭で消費する電力量以上の発電量があれば余剰が発生する。この余剰電力を売電できることとなる。従って，電力会社から買う電力量の計測と余剰電力を売る電力量を計測するために，2 個の電力量計が必要になる。太陽光発電システムを設置した家庭では出来るだけ昼間の消費電力を少なくし，太陽光発電システムで発電した電力を売電するように省エネに励む傾向がある。太陽光発電システムを住宅に設置することによって，創エネルギーのみならず，省エネルギーにも繋がり，電力需要が多い昼間の時間帯の節電に貢献できるのである。

前述したように，設置時の補助金制度とともに国も

図―3 余剰電力の発生模式図

手厚い支援を続けており，この分野の可能性はまだまだ大きいと考えられる。これまで無駄に捨てられていた住宅の屋根に降り注ぐ太陽光が，太陽光発電システムの設置によりエネルギーに変換される。原発事故以来，エネルギー不足が叫ばれている昨今，日本の屋根にはまだまだ開発されていないエネルギーが埋まっているのである。

(2) 余剰電力の買取費用の負担について

電力会社が買取った電力料金の費用は全ての電力需要者が負担することになる。**図―4**は2011年度の電力会社各社ごとの太陽光サーチャージ（太陽光促進付加金）kWhあたりの単価を示す。

各電力会社の太陽光サーチャージ単価

円／kWh

北海道電力	東北電力	東京電力	中部電力	北陸電力	関西電力	中国電力	四国電力	九州電力	沖縄電力
0.01	0.03	0.03	0.06	0.01	0.03	0.06	0.06	0.07	0.06

例えば、東京電力管内で1カ月の電気使用量が300kWhの場合

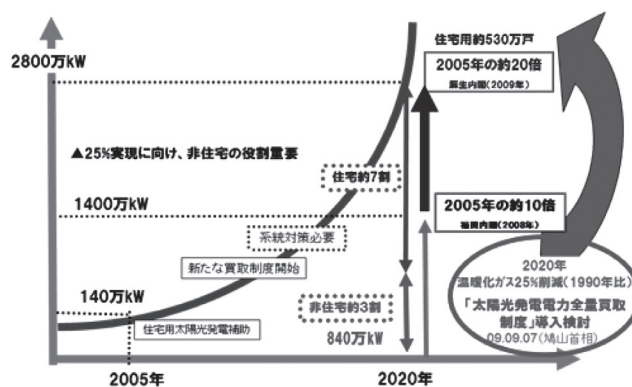
300kWh×0.03円／kWh＝9円（1カ月のサーチャージ金額）

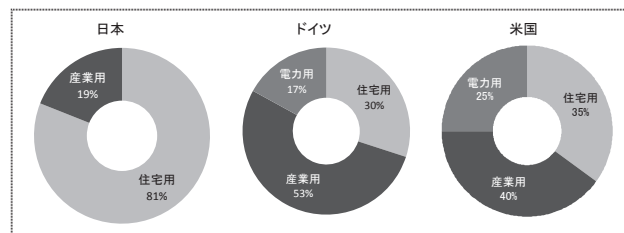
図―4　太陽光サーチャージ

例えば，東京電力管内の場合，1カ月に300 kWhの電力を使用する家庭では太陽光サーチャージ金額として9円／月の負担となり，年間では108円の負担となる。今後負担額の上限を設けるとか，電力多消費産業への救済措置とか幾つかの付帯条件がつくものと思われるが，負担を将来への投資（クリーンな国産エネルギーの確保）と取るか，経済社会へのマイナス影響を考えるか議論の分かれる所である。

(3) 非住宅用（公共・産業用）太陽光発電システムについて

日本の太陽光発電導入目標（**図―5**）に示す通り，住宅用は，2,000万kW弱に対して，非住宅用は2020年に840万kW（全体の30％を占める）の導入目標となっている。

図―6に示すように，現状，日本においては住宅用が設置の大部分を占めるのに対して，ドイツでは住宅用が30％，非住宅用が70％である。更に，米国は住宅用が35％，非住宅用が65％となっており，日本とは導入の仕方が逆になっている。これは，欧米と日本では普及促進のための導入施策の違いから来ている。特に欧州で先行して進められたフィードインタリ

図―5　日本の太陽光発電導入目標

＜2010暦年の主要国の導入量と用途別構成比＞

＜2010暦年までの累積導入量＞

日本	ドイツ	米国	イタリア	スペイン	その他	全世界
3,619 MW	17,253 MW	2,520 MW	3,502 MW	3,892 MW	6,224 MW	37,010 MW

図―6　主要国の用途構成

（出展：IEA PVPST1-19;2010,EPIA Global Outlook for Photovoltaic until 2015,JPEA 出荷統計に基づき作成）

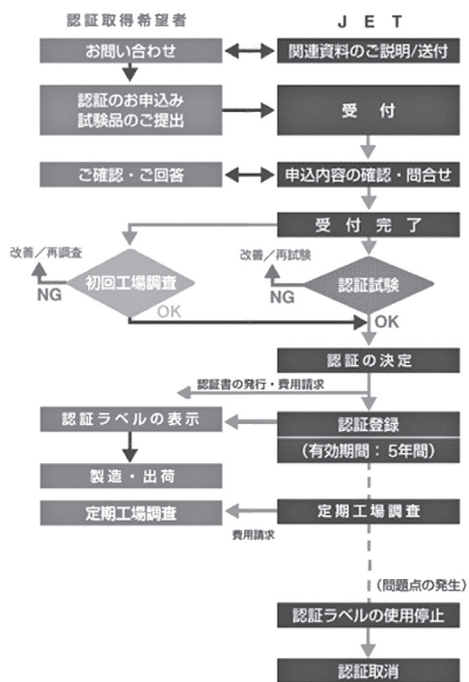
フ（固定価格買取制度）は，出資者が太陽光発電等に投資し，再生可能エネルギー大規模発電所からの売電により，投資金を回収し，一定の収益を上げることを目的としたスキームが広がったためである。

日本でも2012年7月に導入される新しい固定価格買取制度（いわゆる全量買取制度）により，土地の有効活用，企業や公共施設の屋根スペース等の活用に向けた諸制度の整備や規制緩和等などと併せて，欧米並みの非住宅用太陽光発電システムの導入促進が期待されている。

しかしながら，投資を回収するための太陽光発電システムが短期に不具合が生じると，このスキームは破たんすることとなる。システムの信頼性を確保するための仕組みが重要である。

太陽電池モジュールに対しては，一般財団法人電気安全環境研究所（JET）が行う認証制度（JETPVm認証）等がある。これは，太陽電池モジュールの性能，信頼性及び安全性を確保するために，太陽電池モジュールの品種毎に，JETが規格適合性試験，製造工場の品質管理体制等を確認した上で，製品へのJETPVm認証マーク添付を認める制度である（**図―7**）。

JETPVm認証マークが表示された製品は，第三者機関であるJETにより認証試験基準への適合性が証明さ

図―7　JETPVm 認証マーク

図―8　JETPVm 認証制度の全体スキーム

れたものであり，長期に亘り太陽電池モジュールの性能が確保されることを必要とする者からの信頼感をアップさせることができるのである。**図―8**に，認証制度全体のスキームを示す。また，住宅用の小型のパワーコンディショナー（10 kW 未満）に対しては，安全性及び系統連系保護機能についての認証を行っている。

今後は太陽電池モジュールだけでなく，太陽光発電システム全体の長期信頼性を確保できるような仕組み作りが求められており，JPEA においても様々な取り組みを進めているところである。

4．おわりに

出荷統計数値にも顕著に現れたが，ここ数年で特に住宅への太陽光発電設置はこれまでになく，大きく促進した。

この大きな普及促進要因となったのは，2009 年 1 月からの新たな住宅用補助金制度と，同年 11 月から開始された太陽光発電からの余剰電力買取制度である。

特に後者は，当初，住宅用太陽光発電システムからの逆潮流電力を，それまでの約 2 倍の価格で買い取って貰えることになったものであり，普及拡大の強力なエンジンとなったことは疑う余地も無い。更に現段階では，全量買取制度の検討が進んでおり，非住宅分野での普及促進が大きく期待される。

震災を契機とした日本のエネルギー供給のあり方に関する議論の中で，太陽光発電の存在価値がこれまでに増して大きなものとなりつつある中で，国民の理解を得て，太陽光発電の普及をさらに進めるため，太陽光発電業界の果たす役割は大きい。，将来の大量普及時代に備えて，安全と信頼性の確保，技術開発，コストダウンを鋭意進め，良質で安心な太陽光発電を社会に提供することが責務だと考える。

このような状況の下，当協会では様々な活動を進めている。

1）太陽光発電システム設置工事に関する研修事業

2009 年度より開始した「太陽光発電システム設置工事に関する研修事業」を発展させ，実技指導を加えた 4 日間の研修事業を実施した。これは将来の「PV 施工士（仮称）認定制度」への発展を目指したものとなっている。

これは設置者の安心，安全を確保し，将来の大量普及時代に備えることを目的としており，市場の健全な拡大のための有意義な制度となるように取り組んでいる。

2）太陽光発電の大量普及時代の電力系統安定化に関する取り組み

先に普及が進んだ欧州では，早くも系統安定化に関する問題が顕在化してきている。今後，太陽光発電が飛躍的に普及し，社会インフラとしての重要な役割を果たす様になるためには，電力系統安定化への取り組みは不可欠である。当協会では，電力関係者や関係者と連携し，積極的にこの課題への取り組みを進めている。

その他，太陽光発電に関わる業界自主ルールの策定や他団体への協力を通じて，標準化活動や普及活動への取り組みを進めている。

J C M A

［筆者紹介］
亀田　正明（かめだ　まさあき）
一般社団法人 太陽光発電協会（JPEA）
技術部長 兼 広報部長

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

葛西水再生センター太陽光発電設備

太陽光発電で下水処理

井 上 潔・遠 藤 和 広

東京都下水道局は下水処理のために多量の電力を使用している。場内でクリーンな電力を得られる設備の一つに太陽光発電があるが，ある程度の電力を得るには広い面積が必要である。沈殿池などの水処理施設上部は広い空間があるが，水処理施設内部の点検などに使うスペースを確保しておく必要があるため，太陽光発電設備の設置は難しかった。

そこで，太陽電池パネルを傾斜させることができる可動式の架台について民間企業と共同研究を行い，その成果を活かして下水処理場である葛西水再生センターに太陽光発電設備を設置した。

本報告では，可動式の架台の特徴とその効果，葛西水再生センターの太陽光発電設備について述べる。

キーワード：太陽電池，薄膜型，追尾架台，太陽光発電，発電設備，再生可能エネルギー，自然エネルギー

1．太陽光発電による温室効果ガスの削減

現在，地球温暖化は世界的に重要な問題となっており，その対策の必要性は論をまたない。地球温暖化は，二酸化炭素などの温室効果ガスが主な原因であると言われている。東京都では「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を実施するなど，温室効果ガス排出量削減の全都的な取組を行っている。

下水道事業は，都市のライフラインの一つとして，下水処理による良好な水辺環境の維持や街を浸水から守る重要な役割を担っている。しかし，その事業は多量の電力等を消費しており，下水道事業から排出される温室効果ガスの量は都庁の事務事業活動から排出される量の約4割を占めている。このため，下水道事業における温室効果ガスの排出量削減が課題となっている。

温室効果ガス排出量削減の対策として，東京都下水道局では「アースプラン2010」を策定し，省エネルギー機器の導入や再生可能エネルギーの活用などの取組を行っている。その取組を更に推進するため，広い敷地を有する施設が多い当局の特性を最大限に活かせる再生可能エネルギーとして，太陽光発電に着目した。

2．太陽光発電導入の経緯

(1) 太陽光発電導入の課題

太陽光発電は，太陽エネルギーのみを利用するクリーンな発電方式で，発電時に温室効果ガスを排出しない。ある程度の電力を得るには広い面積が必要なものの，水再生センターには広い敷地があるため，太陽光発電により敷地を有効活用しつつ温室効果ガス排出量削減ができると考えられる。

だが，太陽光発電を導入する際の課題として以下の2点があった。

①水処理施設上部に設置すると設備の点検やメンテナンスの障害となる

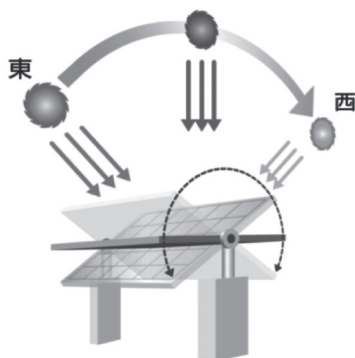
水再生センターの敷地の多くを占めるのは，沈殿池などの水処理施設である。水処理施設上部には太陽光発電に適した広い空間がある。しかし，水処理施設内部には下水処理用の設備が設置されている。このため，水処理施設上部に太陽光発電設備を設置してしまうと，処理設備の定期点検などの障害となってしまう。このことから，処理施設上部の空間に太陽光発電設備を設置することは難しかった。

②太陽電池の価格が高価である

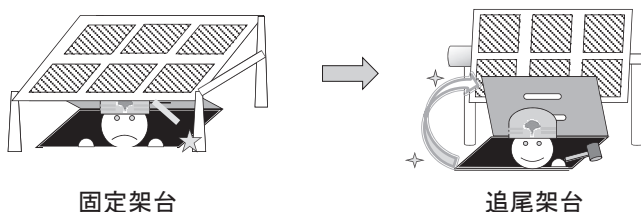
太陽光発電は他の発電方式に比べて容量当たりの価格が高く，大規模導入にはコストがかかっていた。

これらの問題を解決するために，太陽電池パネルを傾けることができる「追尾架台」と，太陽電池の原料使用量が少なく今後のコストダウンが期待できる「薄膜型太陽電池」に着目した。追尾架台及び薄膜型太陽電池について次に述べる。

(2) 追尾架台

追尾架台は，地面と水平な南北方向の軸を持ち，この軸を回転できる架台である。**図―1**に追尾架台の動作の模式図を示す。追尾架台は太陽電池パネルを軸上に取り付けることでパネルを傾斜させられる構造であり，以下の特長を持つ。

図―1　追尾架台の動作の模式図

・太陽電池パネルを東西方向に傾斜させられる。
・太陽電池パネルを自動的・連続的に太陽の方位に向け，太陽を追尾することができる。
・太陽を追尾することで，発電量の増加が期待できる。

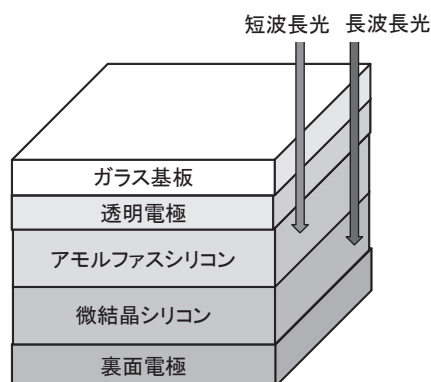
通常用いられる架台（固定架台）は，可動する機構を持っていないため，架台に取り付けられた太陽電池パネルは常に同じ方位・高度を向く。今回，追尾架台に着目した理由は，処理施設上部に太陽光発電設備を設置する場合，追尾架台ならば処理設備の点検などの障害とならないと考えたためである。処理設備の点検時には，太陽電池パネルを一時的に傾けて作業スペースを確保することができる。**図―2**は，水処理施設上部に固定架台ではなく追尾架台を設置した場合の，処理設備の点検時のイメージである。

図―2　追尾架台により太陽光発電設備を設置したまま設備の点検が可能となるイメージ

(3) 薄膜型太陽電池

薄膜型太陽電池は，以下のような特長を持った太陽電池である。

・現在主流の結晶型太陽電池に比べ，主原料のシリコンの使用量が約 1/100 である
・結晶型太陽電池に比べ，製造工程に要する時間が概ね 1/7 である

薄膜型太陽電池は，結晶型太陽電池よりも単位面積当たりの発電効率は多少低下するものの，上記の理由から今後の大幅なコストダウンが期待できる。

また，今回使用した製品は，**図―3**に示すように2種類のシリコン薄膜を2層に重ねた構造となっている。シリコン薄膜は，その種類によって異なる分光感度特性を持ち，分光感度が高い波長以外の光は透過しやすい。しかし，異なった種類のシリコン薄膜を重ねることで幅広い分光感度を持つようになり，入射光の波長を多く利用できる。これにより，通常の薄膜型太陽電池よりも発電効率の向上が可能であるため，単位容量当たりの単価を更に低減させることができる。

図―3　2層構造の薄膜型太陽電池断面

3. 太陽光発電導入に向けた共同研究

追尾架台と薄膜型太陽電池により，それぞれ導入時の「設置場所に制約がある」「価格が比較的高い」という問題を解決できると考えられた。しかし，当局では太陽光発電を大規模に導入した実績がなかったため，導入に先立ち，発電量等を確認する必要があった。そこで，民間企業と共同研究を行い，その特性等の確認を行った。

共同研究では，水再生センターの処理施設上部に，追尾架台と薄膜型太陽電池を用いた太陽光発電の実験設備を設置し，評価を行った。追尾架台による発電電力量増加効果を検証するため，太陽電池パネルが可動しない固定架台も同時に設置して比較した。

この実験の結果，以下の2点が確かめられた。

・追尾架台により，固定架台に比べて発電量が増加する（約 +7%）
・追尾架台に維持管理上の問題は発生しない。

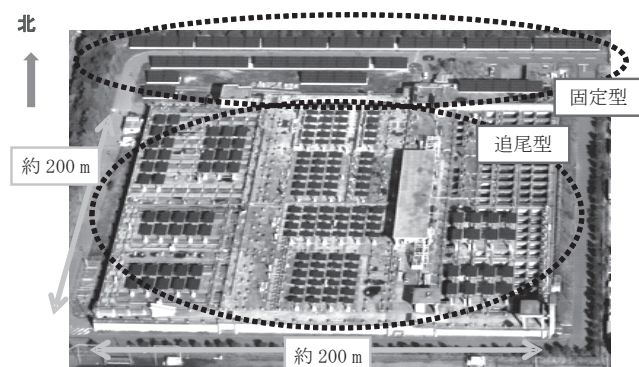
この結果を受け，追尾架台と薄膜型太陽電池を組み合わせた太陽光発電設備を，水再生センターに設置することとした。

4. 葛西水再生センター太陽光発電設備

共同研究の結果，追尾架台により発電量が増加するとともに可動部等に維持管理上の問題が発生しないことが確認できた。そこで，当局の水再生センターの一つである葛西水再生センターに太陽光発電設備を設置することとした。これは，海際に立地し周囲に高層建築物がないこと，水処理施設上部が公園などに利用されていないことなどの条件から選定した。

(1) 概要

①設置場所　葛西水再生センター内　南系処理施設

図—4に葛西水再生センター南系処理施設及び太陽光発電設備設置場所を示す。水処理施設上部に追尾型を，水処理施設周辺には固定型を設置した。

図—4　葛西水再生センター平面図（太陽光発電設備導入時）

②容量　追尾型 290 kW+ 固定型 200 kW，計 490 kW（モジュール数：3,836 枚）

使用している太陽電池モジュールは，すべて 2 層構造の薄膜型太陽電池である。

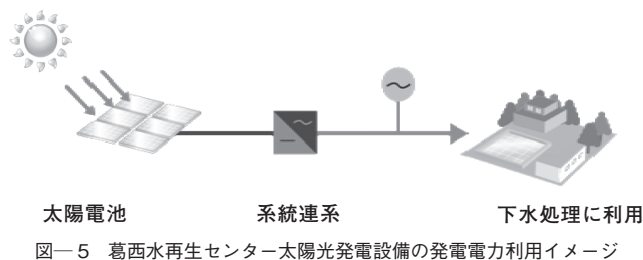
③稼動　平成 22 年 4 月

④連系点　場内配電系統高圧母線

⑤外観　**写真—1**に追尾型及び固定型の太陽光発電設備の外観を示す。

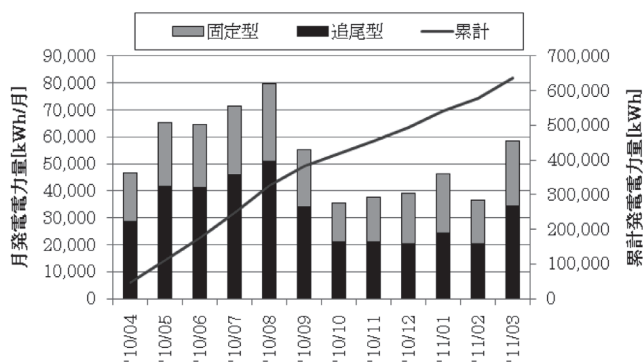
写真—1　（左）追尾型及び（右）固定型の太陽光発電設備外観

(2) 導入効果（平成 22 年度）

平成 22 年 4 月～平成 23 年 3 月の発電電力量は約 63 万 kWh であった。これは，一般家庭約 160 ～ 170 世帯分の消費電力量に相当する量である。また，これによる CO_2 排出削減量は年間約 240 t－CO_2 と試算された。

図—5　葛西水再生センター太陽光発電設備の発電電力利用イメージ

発電した電力は，すべて水処理に利用している。太陽光発電の発電電力の利用イメージを**図—5**に示す。夏季の昼間であれば，センターで消費する電力の約 5%を供給可能である。

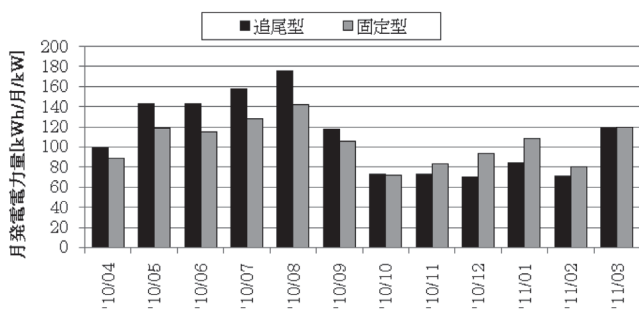
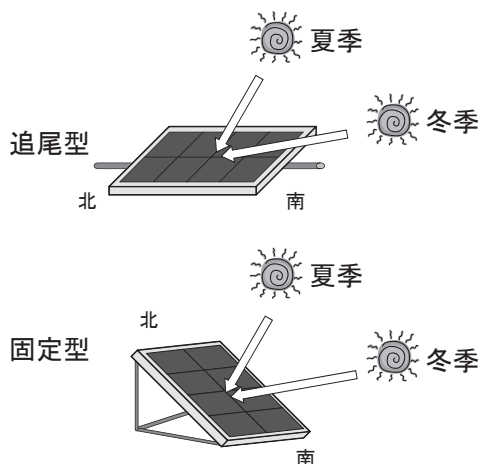
(3) 発電電力量実績

平成 22 年 4 月～平成 23 年 3 月までの月発電電力量の推移を**図—6**に示す。

図—6　太陽光発電設備月発電電力量推移（総量）

図のように，全体として発電電力量は夏季に多く冬季に低い傾向を示した。これは，日射量と日照時間の変化が影響している。夏季は太陽高度が高く太陽電池にあたる日射強度が強くなること，日照時間が長いことから，追尾・固定とも発電量が増加する。一方，冬季は太陽高度が低く日照時間が短いことから，追尾・固定とも発電量が低下する。通年での発電電力量は，追尾型が約 38 万 kWh/ 年，固定型が約 25 万 kWh/ 年であった。

(4) 追尾型と固定型の比較（年間）

追尾型と固定型の，太陽電池 1 kW 当たりの年間発電電力量の比較を**図—7**に示す。

追尾型と固定型を比較すると，夏季は追尾型の発電電力量が多く，冬季は固定型の発電電力量が多いことが分かり，その入れ替わり時期は 11 月と 3 月であった。追尾型と固定型の発電電力量の比が季節によって異な

図―7 太陽光発電設備月発電量推移（単位容量当たり）

図―8 パネル固定方法による日射方向の違い

るのは，太陽電池パネルの固定方法の違いが原因である。

図―8は，追尾型と固定型の太陽電池パネル固定方法の違いを表した図である。追尾型は，太陽電池パネルが地面と水平の軸上に設置されているため，太陽高度の高い夏季に多くの日射を受けられる。一方，固定型は太陽電池パネルが南向きに30°傾斜しているため，太陽高度の低い冬季には追尾型よりも多くの日射を受けられる。このため，夏季には追尾型が多く発電し，冬季には固定型が多く発電することになる。

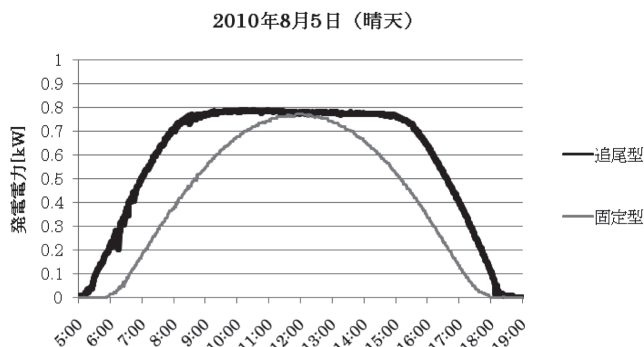
通年の発電電力量では，夏季の追尾型の増加分が冬季の固定型の増加分を上回り，追尾型の方が固定型より多くなる。

(5) 追尾型と固定型の比較（日間）

①夏季

季節による発電量の違いを詳しく分析するため，1日の発電量のカーブを追尾型と固定型とで比較する。夏季（2010年8月5日）の追尾型と固定型の1日の発電量カーブを**図―9**に示す。この日は1日中晴天であった。追尾型と固定型，それぞれの発電量カーブについて以下に述べる。

(a) 追尾型

日の出とともに発電し始め，午前8時頃には発電量

図―9 追尾型と固定型の日発電量カーブ（夏季）

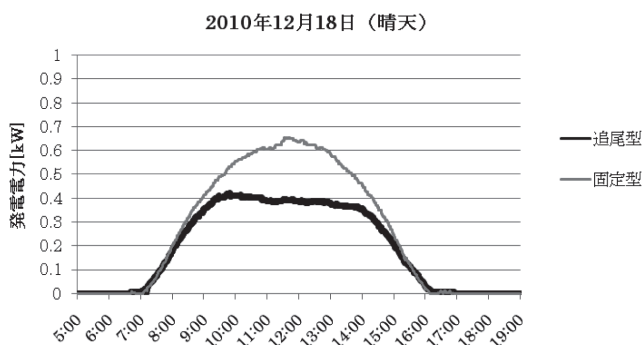
がピークに達する。そして，午後4時頃までピークを維持する。これは，この間追尾架台によって太陽電池パネルが太陽を追尾し，発電量のピークを維持し続けられたことを示している。その後は，日の入りに向けて発電量は低下する。1日の発電量カーブは，台形を描いている。

(b) 固定型

追尾型よりも遅い時間に発電が始まり，正午にならないと発電量のピークに達しない。更に，ピークに達した後は，発電量はすぐに低下してしまう。これは，一般的な太陽光発電設備の発電量カーブである。1日の発電量カーブは山形を描いている。

1日の発電量は，追尾型が台形のカーブを描き，固定型が山形のカーブを描く。そして，どちらもピーク時の発電量は同じである。各カーブの面積の差が，追尾型の発電電力量増加効果を表している。

②冬季

2010年12月18日の1日の発電量カーブを**図―10**に示す。この日は1日中晴天であった。

図―10 追尾型と固定型の日発電量カーブ（冬季）

追尾型も固定型も夏季の場合（**図―9**）と発電量カーブの形は同じである。つまり，追尾型は台形のカーブを描いており，固定型は山形のカーブを描いている。しかし，夏季の場合と違い，追尾型の発電量ピークは固定型よりも少なくなっている。

この差が，冬季の発電電力量の差となり，追尾型よりも固定型の方が多く発電することになる。

(6) 近接施工時の様子

追尾型の近傍で工事があっても，追尾架台により太陽光発電設備を一時移設せずに工事を施工できた。その際の追尾型の様子を**写真—2**に示す。

この写真の工事は第一沈殿池内部の防食工事で，対象となった第一沈殿池の上部には太陽光発電設備が設置されていた。しかし，設置されていたのは追尾型であったため太陽光パネルを垂直にでき，太陽光発電設備が工事の支障となることはなかった。また，約5か月間に亘って太陽光パネルを垂直に固定していたが，その間も発電を継続しており，追尾架台により設備停止を少なくできる効果もあった。

写真—2 追尾型の近傍での工事の様子

5. おわりに

東京都下水道局では，追尾架台と薄膜型太陽電池を用いた新型の太陽光発電設備を開発・導入した。

これにより，年間240 t−CO_2相当の温室効果ガス排出量削減，処理施設上部の有効活用，省電力への対応など危機管理の強化を同時に実現している。

この成果を活かし，今後も設置場所等の条件に合わせた適切な太陽光発電の導入を検討し，地球温暖化対策への取組を推進していく。

JCMA

[筆者紹介]

井上 潔（いのうえ きよし）
東京都下水道局
計画調整部
技術開発課長

遠藤 和広（えんどう かずひろ）
東京都下水道局
計画調整部技術開発課
主事

特集>>> エネルギー・エネルギー施設

都市域バイオマス系廃棄物のエネルギー転換システム

栗原 隆・野崎健次・村田博一

地球温暖化の防止，サスティナブル社会構築に向けて，CO_2 削減とごみ排出量の削減を行うことを目指して，再生可能エネルギーである都市域バイオマスの紙ごみ，生ごみなどの都市域廃棄物をエネルギー転換することが必要と考えている。都市域の新規・既存の開発プロジェクトなどに適用するために，「都市域バイオマス系廃棄物のエネルギー転換システム」の特徴，実証運転状況などを示す。

キーワード：再生可能エネルギー，都市域バイオマス系廃棄物，ガス化，発電，エネルギー転換，オンサイト設置

1. はじめに

近年では，地球温暖化防止に向けた低炭素社会の構築という視点から，化石燃料の代わりに都市域廃棄物として捨てられる再生可能エネルギー資源であるバイオマスを用いて CO_2 削減，ならびに，ごみ排出量の削減が望まれている。

特に，都市域で排出される廃棄物の 80 ～ 90％程度は，紙ごみと生ごみで，その他はリサイクルが進んでいる缶，ビンなどである。都市部でのバイオマス系廃棄物を用いたエネルギー転換の実施例は少なく，そのなかでも紙ごみは適切な資源化装置の開発が遅れていたために実施例はほとんど無い。そのため紙ごみ，生ごみの廃棄物を，ガス化する原料として電力などにエネルギー転換する次世代エネルギーシステムとしての開発に取り組むことが重要と考えている。

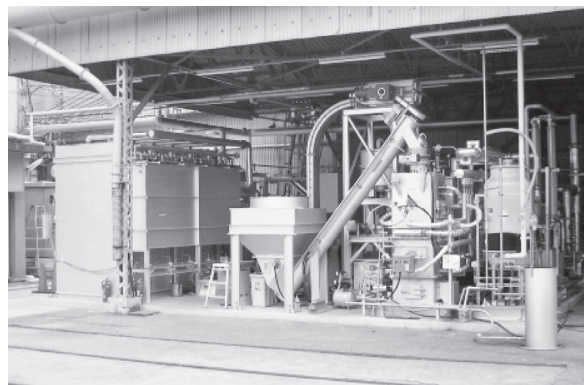
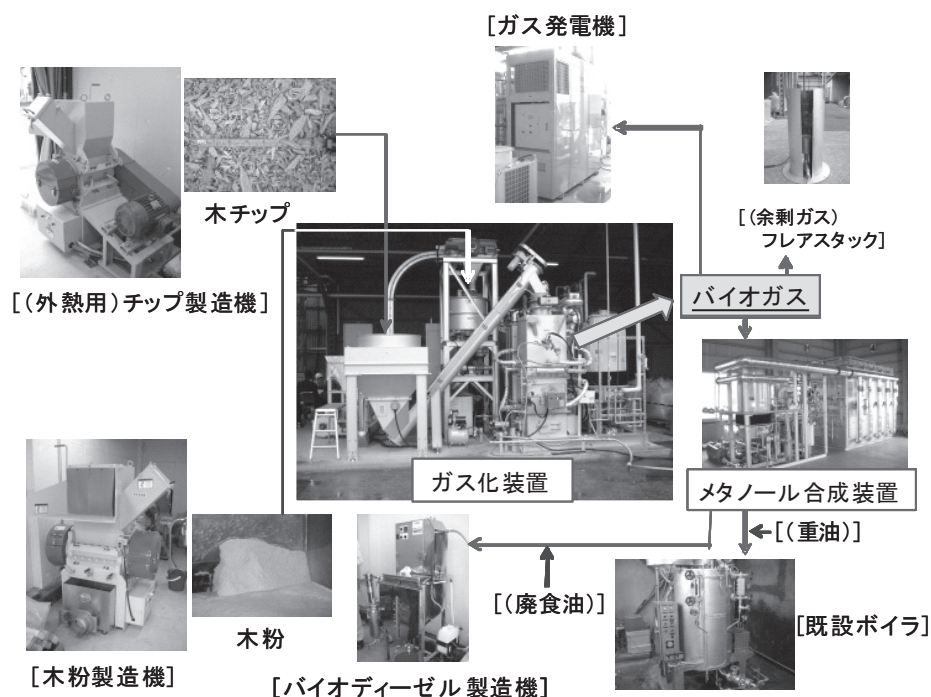
本報告では，新設や既設を問わず，都市域の複合ビル開発プロジェクトなどで利用するために，S 社木工場（東京都江東区）に設置したシステム概要ならびにガス化発電を中心に小型ユニット装置の開発実証としての装置運転状況などを示す。

2. 本システムの特徴

本システムは，長崎総合科学大学などが開発してきた「農林バイオマス 3 号機」の技術を基にしている。しかしながら，農林業などでの草木系バイオマスを主な原料とはせず，都市域での廃棄物系バイオマスの利用を検討する。従来，あまり取り組まれてこなかった都市域での建設廃材やシュレッダー紙ごみなどをエネルギー変換し，それら廃棄物が発生する場所でオンサイトでの利用を図る。

ガス化手法にはガス化する時に空気や酸素を加えない 2 ～ 3 mm 程度にしたバイオマスと水蒸気を，反応管内で 800℃以上の雰囲気下で瞬時に化学反応をさせている。なお，反応管外壁は別のバイオマスを外熱炉で燃焼させて反応管内の温度を保っており，ガス化するバイオマス自身を燃焼させて熱エネルギーとはしていない。

本システムでは有機成分はほぼ全量がガス化し，クリーンな高カロリーガスに変換される。また，管内温度が高いのでタールが発生しにくく，小規模から大規模まで対応できる。

写真― 1 に実証試験装置の外観を，**図― 1** に実証試験装置のフロー図を，**表― 1** に実証試験装置の仕様を示す。木工場内で発生する廃木材を，それぞれの粉砕機で木チップと木粉を作成する。木チップは外熱

写真― 1 実証試験装置の外観

図―1　実証試験装置のフロー図

表―1　実証試験装置の仕様

ガス化ユニット	6,900 L × 2,500 W × 3,900 H
バイオマス処理量	40 kg/ 時 （外熱炉用チップ：ガス化用バイオマス ＝ 1：1）
バイオガス発生量	40 Nm^3/h
発電能力	30 kW 級（ガスエンジン）
エネルギー利用先（S 社木工場の場合）	
電力	全既存設備
排熱	ボイラ

炉用材料，木粉はガス化材料として用いている。紙ごみについても，適切な形状にして材料としての適用を図っている。

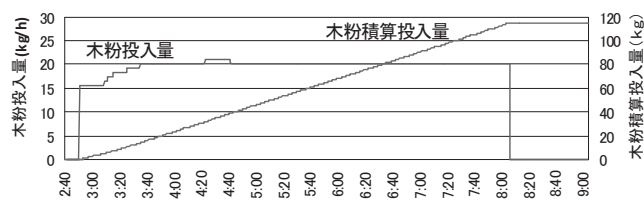
すなわち，木チップは反応管内を 800 ～ 900℃に保つための外熱炉用燃料として使用し，使用する木チップとバイオガス原料となる木粉は 1：1 の割合でガス化装置に投入する。特に，バイオガス原料となる木粉の投入にあたっては，粉体ホッパから搬送コンベアを用いて定量供給装置に送り，ここからアジテータで一定量に調節してフィーダにより反応管内に投入しガス化を行っている。

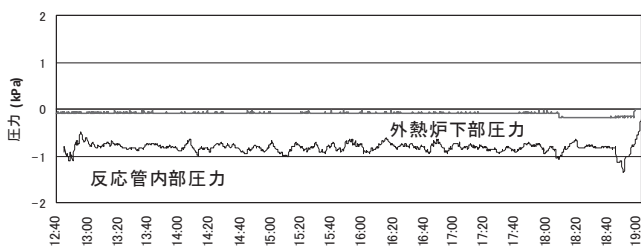
発生したバイオガスは昼間にはバイオガス専焼で発電を主たる用途に，発電機需要が少ない時間はメタノール合成装置に供給することを前提に開発している。発電した電力は木工場内の既存設備へ，メタノールはボイラおよびバイオディーゼル製造に使用する。

なお，バイオマスガス発電機は LPG ガスコジェネレーション装置を改良して用いており，形式は「ブラシレス三相交流式」，原動機形式は「水冷立型 4 サイクル OHV」で，29 kW（14.5 kW の小型ガスエンジン発電機 2 基搭載）である。また，排熱は既存木材乾燥用蒸気ボイラー（木材燃焼型）へ直接供給するうえで，熱交換器を通さず低コストで熱利用できる。

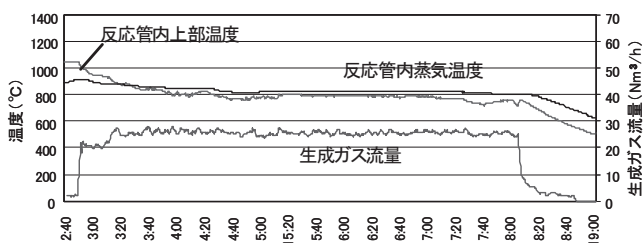
3. ガス化発電状況

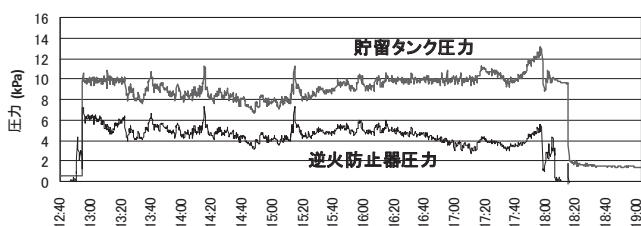
2010 年 10 月 26 日（火）の実証試験結果で，連続 5 時間のガス化発電運転をした事例を以下に示す。

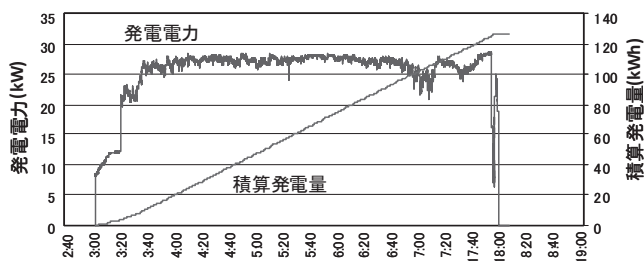
図―2 に反応管用木粉投入量を示す。木粉投入に際しては，急激な温度低下を防ぐために，反応管が所定温度になってから供給量を徐々に増やし調整している。

図―2　反応管用木粉投入量

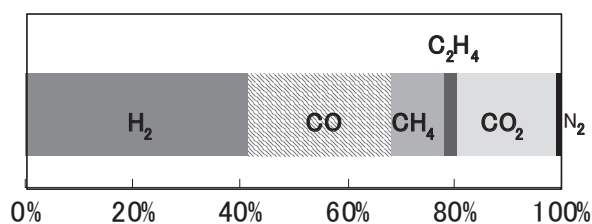
図―3 に外熱炉下部と反応管内部圧力を示す。反応管内部圧力は－0.8 kPa，外熱炉下部圧力は－0.08 kPa に圧力調整をしている。その圧力調整は，反応管は G-IDF（ガス用の誘引通風機），外熱炉圧力は IDF（誘

図―３　外熱炉下部・反応管内部圧力

引通風機）で行っている。これらの設定値はともに各ガスが逆流しないように負圧になっており，風量を調節することにより発生ガス量と反応管温度を制御している。特に，反応管が負圧状態を常に維持しないと，ガス化材料である木粉供給配管や定量供給装置へ水蒸気が流入し，その配管内壁にガス化材料が付着し，ガス化材料で配管が閉塞する恐れがある。

図―４に反応管内上部温度と反応管内蒸気温度，生成ガス流量を示す。外熱炉用チップを投入し外熱炉温度を上昇させ，反応管内温度が所定温度になるとガス化材料としての木粉を投入している。反応管内上部温度より，ガス化開始後反応管内温度が低下し，当初1000℃以上あった温度が約200℃低下し，実験終了まで約800℃で安定している。

図―４　反応管内上部温度・蒸気温度，生成ガス流量

図―５に貯留タンク圧力ならびに逆火防止器圧力を示す。貯留タンク圧力は約10 kPaに圧力調整弁で制御し，10±2 kPa程度を保って安定的な生成ガス供給を可能としている。また，貯留タンク後の逆火防止器の圧力は，圧力損失が約4 kPa程度あり，その結果4～6 kPaとなり貯留タンク圧力と同様な圧力波形となっている。また，逆火防止器の圧力は，最低でも発電機の上流に設置しているガバナ設定圧力（3 kPa）以上が必要である。そのため本圧力が不安定になると，ガス発電機への安定的生成ガス供給ができなくなるので，生成ガス発生量とともに本圧力の制御が重要である。

図―５　貯留タンク圧力，逆火防止器圧力

図―６にガス化発電電力を示す。該当日は約5時間で総計126.1 kWhの発電を行っている。ガス化発電について13時30分から16時30分の間で平均して28 kWの出力があった。生成ガス投入量は28 m^3/hであったので生成ガス1 m^3あたり1 kWの出力が得られている。現在までの一連のガス化発電において，冷ガス効率は最大で65.2％，発電時の最大出力が31 kW，その場合の平均30 kW出力のエネルギー効率データは16％との実験データが得られている。なお，現在では冬季で外気温が低い場合などでも，1～1.5時間程度で立上げ，ガス化発電が可能である。

図―６　ガス化発電電力

図―７に発生ガス組成を示す。本組成は対象日の15時50分にサンプリングしたデータである。試験開始直後（12時55分）のCO_2濃度は24％で，時間経過と共にCO_2発生量が減少し，本図では18.7％となり，CO_2以外の可燃成分として，H2濃度は41.5％，CO濃度は26.6％などと割合が増加する傾向がある。これはガス化が進むにつれて反応管温度が低下することが原因と考えられる。しかしながら，ガス化発電を行うには生成ガス発熱量が高い方が良いので，同一流量をガス発電機に用いる場合は，炭素化合物割合の多くなるガス化後半に発電量が上昇する傾向がみられることがある。ただし，一般的には生成ガス量はガス化温度が高い方が増えるので，今回の実証試験中においても生成ガス量の調整のためにIDFなどを制御し反応管温度を上昇させる調整を行った。

図―７　発生ガス組成

なお，シュレッダー紙ごみ，枯葉，コーヒーがらなど，バイオマスの種類，含水率，ガス化温度の違いから生成する発生ガス組成が異なることが分かった。また，H_2，CO，CH_4，C_2H_4 の有効ガス成分は，都市域で考えられる主なバイオマスで 70％以上得られることを確認している。

4. まとめ

ガス化発電，メタノール合成のためのシステムの関連温度，圧力，ガス成分，水量・水質などの基本データを収集し，都市域廃棄物の発生源にオンサイトで設置する商用機への展開ができるようになった。特に，LPG ガスコジェネレーション装置を改良し，本生成ガスを用いて約 30 kWh，5 時間以上の連続運転を実証している。本装置では，浮遊外熱式ガス化法によりバイオマスをガス化しており，様々な木材を利用した木粉，シュレッダー紙ごみなどを用いるガス化装置より得られる発生ガスの発熱量はガス組成より高カロリーガス成分であることを実証している。

5. 今後の展望

本報告は ㈱新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「新エネルギー技術フィールドテスト事業 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業　都市域廃棄物のガス化・メタノール合成による地域エネルギーシステム実用化に関する実証試験事業」に関する共同研究の内容の一部を取りまとめたものである。これより建設廃材，シュレッダー紙ごみ等比較的含水率の低い都市域廃棄物バイオマスをエネルギー転換し，地域内でガス化発電ならびにメタノール合成を行う小型装置として実用化ができるようになった。

平成 23 年度には，NEDO より「バイオマスエネルギー技術研究開発 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業（実用化技術開発）生ごみや紙ごみ等の都市域廃棄物による地域エネルギー転換システム実用化の研究開発」を受託し，都市域廃棄物として多くの量を占める生ごみの「乾燥資源化」を，本システムの廃熱を用いて始めている。その乾燥資源化物単独から，その塩分濃度を加味して紙ごみなどとの適切な配合割合を実証する予定である。

原料調達に関しては，一般的に，冬季は熱需要が多く原料不足となって，夏季は原料余剰が発生しやすいが，本システムでは紙ごみや生ごみなど，年間を通して安定的な原料確保ができると考えている。

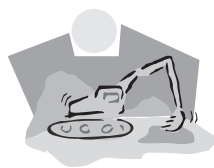
以上を踏まえて，都市域の建物・街区にエネルギー利用できるオンサイトの小型ユニット装置として，都市域廃棄物による地域エネルギー転換システムを，国内外で初めての取り組みとして実用化を目指している。

JCMA

［筆者紹介］
栗原　隆（くりはら　たかし）
清水建設㈱
技術研究所　バイオマスエネプロジェクト
主任研究員

野崎　健次（のざき　けんじ）
清水建設㈱
技術研究所　バイオマスエネプロジェクト
プロジェクトリーダー

村田　博一（むらた　ひろかず）
清水建設㈱
技術研究所　バイオマスエネプロジェクト
研究員

建設紀行

重機土工における最適作業機能と操作制御方法の選択と課題

地場施工会社の災害復興道路工事適用事例

福　川　光　男

建設施工の合理化においては工法に応じた建設機械の機種の選択とその作業機能を如何に効率的に制御させるかが要求される。情報化施工を活用するには準備作業として設計図書からの制御データの作成，衛星測位機能を使用する場合には現場地形制約など手間と条件が伴う。もっと現場状況に適応した制御システムはないのか？　また，新規システムを導入する際の専門の部所をもたない中小の施工会社の対応はどうなのか？　更に，建設機械の作業機能は開発され尽くして，これ以上効率的機能は探し得ないのか？　各種の自然災害に対して強固な土木構造物を構築する必要性の認識が改めて求められる昨今，最先端の情報化施工システムを含む作業環境に応じた適正な制御システムを組み合わせ，また工法に適応した最適機能を駆使している宮城県古川市に本拠を構える地場の土工施工会社の事例を通して，合理化施工システムの普及促進における課題を述べる。

1．はじめに

今回，東北の地場土木施工会社を知ったキッカケは，ネットワーク型 RTK-GPS（衛星測位仮想基準点）配信サービス会社の担当者から今回の東日本大震災復興道路・復興支援道路工事で宮城県古川市に本拠を持つ地元の工務店がネットワーク型 -RTK システムによる作業形状確認（**写真―1**）とローラ転圧管理に活用している写真を見たことである。

その2枚目の写真（**写真―2**）に国内には数台しかない深層転圧に効果のある特殊ローラのスナップがあり，この会社は地場の施工会社であるが，技術的に評価できる会社と感じ，早速インターネット検索をしたがヒットせず，逆に益々強く興味を持ち情報化施工システムの普及推進を唱えている者としては是非伺ってお話をお聞きしたい思いで，平成23年暮に南三陸町

写真―1　作業形状確認状況

写真―2　特殊ローラ

の施工現場に伺い，現場を見せていただき工務店の社長との面談を持つことができた。

2．事業展開履歴

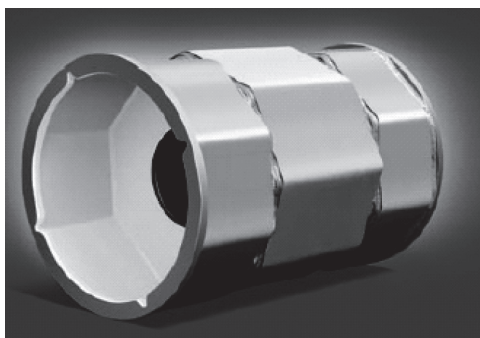
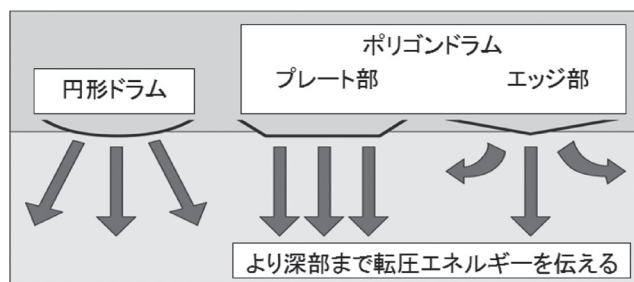
米どころである宮城県北部に位置する大崎平野にて農業の生産性を高めるための水田圃場整備事業への参画に伴い，湿地ブルドーザを用いた機械化施工を展開

写真―3　ブルドーザの排土板制御システム

した。その後，回転レーザを用いたブルドーザの排土板制御システムを導入し，飛躍的に作業の効率化と施工品質を高めることを可能とした（**写真―3**）。会社は常に施工の合理化対策に積極的に取り組み，施工機械の開発，装置の改良にチャレンジし実績を積み上げていった。この農業土木での経験と実績を基に本格的に一般土木事業への展開を図り施工の合理化への意欲を持ち続けた。

3．施工の合理化，高品質を追求した企業理念

その一例として，軟岩材を使用する盛り土工事における締め固め作業の効率化に，いち早く，ドイツ製の多角形ローラの導入を図った。

盛り土作業において締め固めしにくい材料を効率的に締め固める特殊な形状（平面部と凸部が組み合わされた多角形ロール**図―1，2**）であるが，わが国では一部大規模工事で使用されその効果が実証されているのみで，一般工事での使用実績はまだ無に等しい現況であった。新しいシステムを導入する場合にはそのシステム，機能が広く認知されてから実施するが，まだ認知されない時期にその機能価値を確信して導入に踏み切った。

図―1　多角形ロール

図―2　多角形ローラ導入の意義

4．作業プロセス管理のシステム化

また，材料の撒き出し作業には圃場整備で活用した，ブルドーザのレーザガイダンスシステムを用いて各層の高さ管理を実施していた。ともすると土工工事での評価は如何に正確な出来形に仕上げるかに求められがちであるが，一概に出来栄え＝機能評価には繋がらなく，特に，多層形状の盛り土工事において各層の作業プロセスの重要性を認識していることは高く評価できる。

このローラとレーザコントロールブルドーザの組み合わせ（**写真―4**）を用い，今回の東日本大震災の復興道路・復興支援道路として早期の全線開通が望まれる三陸縦貫自動車道 南三陸町工区での盛り土工事に新たにGPS測位機能（VRS-RTK）を搭載し，さらにGPSローバ（**写真―1**）を用いて施工プロセス毎の作業形状確認を行いながら，27メートルに達する高盛土工区を施工している。

写真―4　作業状況

5．直営施工だからこそ施工合理化へのアイデアが生まれる

地元工務店の社長（**写真―5**）はレーザコントロールシステムには作業データ記録機能が付加されていないので今回採用した衛星測位機能によるローラ転圧管

写真— 5 地元工務店 社長

写真— 6 改良されたパワーショベルの活用

理システムに高さ方向のデータ記録機能を付加させれば盛り土工事における各シフトの施工高さ（厚さ）の作業エビデンスとして残すことができるので是非採用を検討したいと意欲を示した（この機能に類したソフトは既に開発され実施例は少ないが使用されている）。

この方法は材料の撒出しと締固めの作業をユニットで管理する大変合理的な施工管理方法である。これらの適正な機械の選択と制御システムの活用そして施工プロセス管理の重要性を認識した施工体制であれば災害に強い強固な土木構造物の構築は間違いなく可能であると確信した。

事実，震災前にこの多角形ローラを使用して施工した道路盛り土工事では他の工区に比べクラック等の発生は無かったとのことであった。

6. 費用対効果を意識し，作業に適したシステムの選択

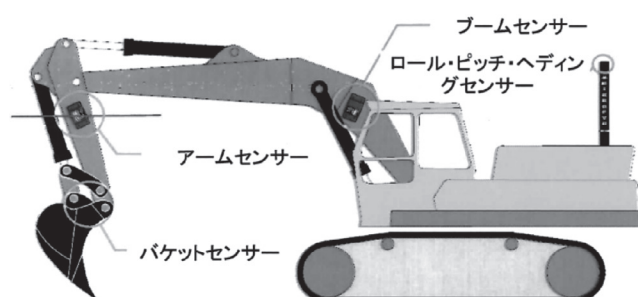
法面部での施工では2D（二次元）パワーショベル制御システム（本体とブーム，アームの作業角と屈折点間距離からバケット先端の相対位置を算出し，キャビンのモニターに明示させる（**図— 3**））を一部使用しやすいように改良を加え活用していた（**写真— 6**）。

パワーショベルの作業はブルドーザやモータグレーダーのように本体移動＝連続作業とはならなく，本体が固定した状態で作業を行うため，使用状況によっては基準位置とバケット先端位置との相対位置情報が分かれば高価な衛星測位機能を付加した3Dシステムを使用しなくても充分に実用性の高い作業を可能としている。この2Dパワーショベルコントロールシステムはわが国では普及実績が少ないがヨーロッパ各地では一万台以上使用されているとのことである。

またパワーショベルを使用した法面整形作業を安全に施工するために，この2Dガイダンスモニターと遠隔操作システムを融合させたシステムの開発にもチャレンジしているとのことであった。

図— 3 2D パワーショベル制御システム

7. どのようなアプローチで情報化施工システムを導入したか？

このような地場の中小企業がどのようなアプローチで新しいシステムの導入に至ったのか？ 特に情報化施工システムは各種の要素技術の集合によって構成されているため窓口を一箇所に絞り込むことが困難な場合も想定される。新しいシステムの導入に積極的に取り組んできた仙台市の測量機器販社（各測量機販社の代理店）が窓口となり各々の要求機能を満たす会社を紹介している。具体的な例としてパワーショベルの2Dガイダンスシステム，TSやGNSS測位機能を使用した重機の3D-MCシステム，ローラの転圧管理システム，そして，施工データ作成のコンサル，さらに，ネットワーク型仮想基準点測位の補正データ配信会社など各社のバックアップによってこの新しい情報化施工システムを稼働させている。ハード，ソフトを自社保有する場合にはこのようなアプローチになり，一方，リースレンタルで運用を試みる場合には，機器の提供，データ作成，運用指導などリースレンタル会社が総合的にサポートを行っている例が多い。

8. 情報化施工（特に衛星測位）を運用するための基盤整備の必要性

今回，訪問した三陸縦貫自動車道は復興事業として全線開通が急がれている状況下において，地震の地殻変動により従来の座標軸が大幅に動いている。故に国土地理院の管理による電子基準点（GEONET）によってネットワーク型仮想基準点測位システムを活用することにより新たな地理座標の測位を可能としているため，使用実績が急増している。

さらに測量分野のみに留まらず，情報化施工に衛星測位機能を活用するためには

①高精度な連続したデュアルタイム，測位が必要となるため米国のGPSのみでなくロシアのグローナス衛星を含めたグローバルな衛星測位機能を活用した新たなGNSS対応が早急に望まれる。

②三陸縦貫自動車道のルートは，津波を考慮して，施工現場は海岸線から数キロ離れた起伏のある山中で（**写真―7**）衛星機能を使用した補正データの無線伝送は大変厳しい状況下であり，また携帯電話中継局ネットワークも受信率が低いためいずれの場合も補正データ伝送環境が思わしくないので早急なデータ通信網の整備が望まれる。

写真―7　起伏のある施工現場

9. おわりに

今回の工務店の作業現場への訪問と社長との面談を通して感じたことは，けっして大きな企業規模では無いが想像していた以上にしっかりした経営理念の下で責任施工としての作業原則に忠実に取り組み，情報化施工システムを作業の効率化と施工品質の確保のための手段として取り入れ，蓄積した経験とノウハウを基に常に作業システムの改善改良に積極的に取り組んでいたということである。

写真―8　3D-MC システム

本格的な衛星測位によるブルドーザ3D-MCシステム（**写真―8**）の導入も実現されており，まだ衛星測位機能を活用した情報化施工システムを取り入れたばかりで試行錯誤の連続であると推測されるが，積極的な運用によって今後の活用が期待でき，情報化施工普及促進の旗振りに期待したい。

謝　辞

本稿執筆にあたり，取材に対して多大の協力をいただいた㈱佐藤工務店の佐藤敦代表取締役ほか関係各位に心よりお礼申し上げます。

J C M A

《取材協力，参考文献》
㈱佐藤工務店（代表取締役　佐藤　敦）会社案内
㈱ジェノバ，㈱旭商会仙台店，ジオサーフ㈱
・ライカ Power Digger 2D 取扱説明書　ライカジオシステムズ㈱
・BOMAG New Technology Polygon Drum　コベルコ建機㈱

[筆者紹介]

福川　光男（ふくかわ　みつお）
(一社)日本建設機械施工協会
施工部会　情報化施工委員会　委員，
(独法)土木研究所　技術推進本部　先端技術チーム
招聘研究員，
鹿島道路㈱　顧問

建設紀行

被災地東北の復旧・復興のために

熊　谷　貴　広

東日本大震災の災厄に，私たちは自然の脅威をあらためて認識させられた。それから，はやくも1年が過ぎた。

そのような時，東北から約800 km離れた，富士山のすそ野，静岡県富士宮市朝霧高原にある，標高900 mの職業訓練法人・全国建設産業教育訓練協会，富士教育訓練センターでは，東北から来た訓練生が寒さと雪の中で，「俺たちの街は俺たちの手で再生するんだ！」と頑張っていた。彼らは，自分の手で建設機械を操り，まだ残っている瓦礫の山を整理し，そこに道路を作り，街を作り，再びそこへ人びとが戻ってくるよう，自分たちの手で東北を再生したいという熱い思いを持ち，12日間の「被災離職者技能訓練コース」を受講していた。

私は，機械土工の専門家として富士教育訓練センターに講師として招かれ，「是非，被災した方々にあなたの技術を伝えてほしい」との依頼を受け，富士山に見守られながら訓練コースの担当，建設機械の基礎，応用施工技術を皆さんとともに学び，『ものづくりは人作りから』という原点に立ち返り，「機械土工とはなにか」について講習をしている。

使用する建設機械はホイールローダ，ブルドーザ，パワーショベルである。土質や土量変化率，機械の構造や機能，最新機能等，建設機械の基礎的な施工方法を座学とし，応用施工技術では，ホイールローダ，ブルドーザ，パワーショベルでの作業方法やコツ，盛り土の方法，締め固めによる転圧方法や機械と現場の安全，レーザー受光器，回転レーザー発信器を使った溝掘り掘削や整地，敷き均しを行っている。また，施工品質と施工スピードを高め，より安全を確保しつつ，人材確保が困難な現場でも単身で施工できる，『情報化施工』の基礎を身につけてもらっている。

写真―1　回転レーザーと受光器による情報化施工の実習

このセンターでは最新の技術を教育することによって東北の再生に拍車をかけ，一人ひとりが将来，建設技術者として自立できるよう，短期間で内容の充実した訓練を行っている。

訓練生の一人である19歳の青年は，初回パワーショベルによる基本施工で溝掘り掘削を行い，練習をしたがなかなか成果がでず，苦戦しているようだった。そこで，「いい便利な機械がありますよ」とその青年に情報化施工のことを説明した。原理や仕組みを教え，「今，国土交通省が情報化施工という新技術を使い施工を進めていますよ！」と伝えて機械をセットし，実際に施工してみると，「こんなに便利で仕事のスピードも上がり，品質も向上して，いい機械だ」と応えてくれた。その青年は，自分で受光器，発信器を設定し，溝掘りに何度もチャレンジしていた。さらに，回転レーザとレーザー受光器を使い掘削深さの算出や地山の切り出しや盛り土の高さなどの割り出しを学習した。

東北の離職者の方々が建設機械のプロとして自信と夢をもって再び地元の再生に挑戦することは，東北の復旧・復興に，最も有効な戦力になると考えられる。

【お問い合わせ先】

職業訓練法人　全国建設産業教育訓練協会　富士教育訓練センター：0544-52-0968

静岡県経済産業部就業支援局職業能力開発課：0542-21-2821

静岡県立沼津技術専門校：0559-25-1071

JCMA

[筆者紹介]
熊谷　貴広（くまがい　たかひろ）
㈱熊谷興産
取締役社長

交流のひろば/agora—*crosstalking*—

世界最大級のソーラーカーレースで2連覇

木　村　英　樹

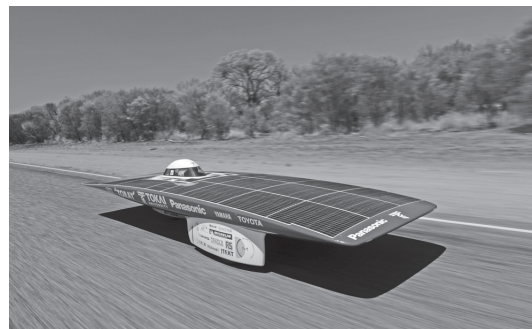
太陽光をエネルギー源とするソーラーカーは，夢の環境自動車といわれて久しい。石油や原子力へのエネルギー依存体制に限界が来つつある中で，様々な創エネルギー＆省エネルギーの技術を組み合わせることで，ソーラーカーは着実に進化してきた。ここでは，オーストラリアで開催された世界最大級のソーラーカーレース「ワールド・ソーラー・チャレンジ（WSC)」で2連覇した最新鋭のソーラーカーについて紹介する。

キーワード：太陽光発電，電気自動車，省エネルギー技術，プロジェクトマネジメント

1. はじめに

近年，人々の環境意識が高まる中で，エネルギー効率に優れた電気自動車が市販化された。この電気自動車は原子力発電の夜間余剰電力を使うことを想定して開発が進められてきたが，東日本大震災の津波等により原子力発電所で事故が起こり電力不足に陥っている。また，ハイブリッド車も燃料電池車も石油や天然ガスを消費する。これに対して，ソーラーカーは一度作ってしまえばCO_2ガスを排出することなく，半永久的に走行し続けることができる究極の環境車である。日本ではオイルショックのエネルギー危機を契機にサンシャイン計画がスタートし，太陽電池の開発が加速された。今日では，その技術は世界トップレベルにあるといえる。しかしながら，ソーラーカー実現の夢が長年にわたって叶えられなかったのは，①限られた面積に降り注ぐ太陽光のエネルギーが少ない，②太陽電池の変換効率が低い，③人を乗せて走行するクルマの省エネルギー技術が十分でないなど，克服すべき難題が数多く立ちはだかっていたからである。

2. ソーラーカーのしくみ

ソーラーカーの構成はシンプルであり，電気自動車のエネルギー源として太陽電池を取りつけたものと考えればよい。しかしながら，太陽電池から得られるエネルギーはわずかであり，人を乗せた電気自動車を動かすためには，様々な工夫が必要となる。エネルギー源となる太陽電池はできるだけ変換効率が高い方が望ましく，ソーラーカー「Tokai Challenger」では，高性能な宇宙用太陽電池（三接合化合物太陽電池）を6 m^2搭載した場合で1.8 kW，住宅屋根用に開発された最高レベルのHIT太陽電池（単結晶シリコン＋アモルファスシリコンのハイブリッド型）であれば1.32 kWを発電できる。ところが自動車の動力として考えた場合，これでは3馬力にも満たないことから高度な省エネルギー技術が要求される。そこで，ソーラーカーのボディには，最新型旅客機B787と同様な炭素繊維強化プラスチックを使用し，全長×全幅が5 × 1.6 m程度の大きさでありながら，バッテリ込みの車体重量は134 kgと極めて軽量に仕上げた。リチウムイオン電池はノートPCに使用される18650型を450本使用し，21 kgの重さで5 kWhのエネルギーを蓄えられるようにした。これは市販電気自動車1/5～1/3程度のエネルギー量にすぎないが，太陽光発電なしでも本ソーラーカーは330 kmを移動することができる。さらに，高効率モータや低転がり抵抗タイヤなど様々な省エネルギー技術を組み合わせることで，最先端のソーラーカーは太陽光のみで100 km/h程度の巡航速度で走行できるまでに至った。

写真―1　ソーラーカー「Tokai Challenger」

表―1 2011 WSC 完走車の記録（出走 37 台）

順位	車体名	チーム名	走行時間	平均速度
1	Tokai Challenger	Tokai University	32 時間 45 分	91.54 km/h
2	Nuna6	Nuon Solar Team	33 時間 50 分	88.60 km/h
3	Qantum	University of Michigan	35 時間 33 分	84.33 km/h
4	Ashiya Sky Ace V	Ashiya University	44 時間 57 分	66.70 km/h
5	21Connect	Solar Team Twente	45 時間 04 分	66.53 km/h
6	Sunswift IV	Sunswift UNSW Solar Team	48 時間 38 分	61.65 km/h
7	Aurora Evolution	Aurora	48 時間 45 分	61.50 km/h

3. ワールド・ソーラー・チャレンジ 2 連覇

ワールド・ソーラー・チャレンジは，オーストラリア大陸ダーウィン～アデレード間の 3,000 km を縦断する時間を競う世界最大級のソーラーカーレースである。1987 年に GM の Sunraycer が優勝し，1993 年と 1996 年には日本のホンダドリームが 2 連覇するなどの歴史をもつ。2009 年に我々は宇宙用太陽電池を使用し，平均速度 100.54 km/h を記録し優勝した。このときの巡航速度は，公道コースであるスチュアートハイウェイの制限速度 110 km/h に達したことから，大会側はソーラーカーの実用化を目指す方向に舵を切り，2011 年大会では住宅屋根用などに使われるシリコン太陽電池を使用するようにレギュレーションを改定した。

写真―2 レース中のキャンプでの充電作業

図―1 ワールド・ソーラー・チャレンジのルート

現在，住宅屋根用のシリコン太陽電池として，米国メーカが開発したバックコンタクト型と日本の HIT 型の 2 つがトップレベルにある。多くのソーラーカーチームがバックコンタクト型を採用する中で，我々だけが 22％の変換効率を有する国産の HIT 型を採用した。そしてシリコン太陽電池を搭載したソーラーカー優勝車の中で最も速い，91.54 km/h の平均速度を出し 2 連覇を達成することができた。

4. おわりに

東日本大震災の影響で 2011 年のソーラーカー開発は大きな困難をともなったが，太陽光発電や炭素繊維などの可能性を世界に示す必要があると考え，深夜までの製作作業が続けられた。その結果，民生レベルの技術でも宇宙レベル並の性能を発揮できるまでのソーラーカーが完成した。今後も人々に希望を与えられるようなクルマ開発を続けていくので厚い応援をお願いしたい。

謝 辞

太陽電池，リチウムイオン電池を提供していただいたパナソニック㈱，炭素繊維提供およびボディ成形協力をいただいた東レ㈱，㈱童夢 カーボンマジックをはじめとする関係各社の皆様に感謝します。

J C M A

《参 考 文 献》

1)「世界最速のソーラーカー」，東海大学チャレンジセンター編（東海教育研究所），2010 年 6 月
2)「ソーラーカーで未来を走る」，木村英樹（くもん出版），2011 年 9 月

[筆者紹介]
木村 英樹（きむら ひでき）
東海大学
工学部電気電子工学科 教授，
チャレンジセンター 次長

ずいそう

「東日本大震災」災害派遣体験記

谷 津 俊 幸

私はその時，福島県での訓練を終え，部隊の駐屯する山形県東根市にある神町駐屯地へ帰るため東北自動車道を北上中でした。大きな揺れに危険を感じ，車両を停車させたところは盛り土区間で揺れの振幅も大きく，法面沿いに立つ防音壁も大きく揺れ，今にも我々の車両に倒れてくるのではないかと，不安に思うほどの揺れでした。

その後，通常は約2時間で着くところ約6時間を要して，何とか無事に駐屯地に帰ることが出来ました。これには，停電により信号が機能せず，余震が続き情報も伝わらない中にあっても，大きな混乱を起こさずルールを守り，互いに譲り合う日本人としての精神・道徳心を深く垣間見た次第です。

災害派遣により最初に向かったのは宮城県南三陸町です。町の中心部に向かう主要道路は海岸沿いの国道45号線と，内陸部から峠を越える国道398号線に限定されますが，国道45号線は津波の被害により，南北から寸断され，国道398号線も土砂崩れにより通行困難であり，救助・救援部隊が被災地に進入できないため，自衛隊の重機で国道398号線沿いの土砂を除去し，進入路を確保して欲しいという要望からです。

早速，偵察班を編成し向かいましたが，行けども土砂崩れした痕跡はなく，峠を越え南三陸町の集落が見え始めてきた途端，衝撃的な光景が目に飛び込んできました。土砂崩れによる土砂ではなく，津波により押し流されてきた家屋を始め，ありとあらゆる物が，道路は元より周辺の地域に押し流されて漂着し，堆く積み重なっていたのです。地図で確認すれば海岸線はまだ3 km以上も先のはずなのに…。本当に信じがたい光景でした。

我々の部隊は，施設科職種の部隊であり，ブルドーザ，油圧ショベル（バックホウ）やロードローラなどを保有しています。

警察・消防等の救助・救援部隊が多数来ていましたが，津波による漂着物により行く手を阻まれ，十分な活動ができていなかったことから，道路上の漂着物を除去して，交通を確保することを最優先と考え，活動を開始しました。

その後，気仙沼市を始め女川町，石巻市牡鹿総合支所管内を転々としながら南三陸町での活動同様，道路上の漂着物の除去を主体とした作業を実施し，救助・救援活動を促進させてきました。これは政府の自衛隊10万人態勢との方針の下，全国から派遣されてきた部隊が逐次，被災地域に投入され，それらの部隊に任務を引き継ぎながら，自衛隊がまだ派遣されていない地域に我々郷土部隊が転用されていったからです。所謂，自衛隊災害派遣部隊の先駆け（Pioneer）としての役割とでもいいますか，全国から投入された，より大きな部隊との橋渡しのような任務でした。

自衛隊の10万人態勢も整った頃，我々は石巻市街地西部に活動地域を移していました。石巻市は我々の部隊が，その後約4ヶ月にわたって活動することになり，より一層思い入れのある地となりました。石巻市は宮城県沿岸北部地域において最大の街であったことから，行方不明者の数，漂着した瓦礫の量など，どれをとっても桁違いに大きく，我々の保有している重機での活動には限界がありました。そのような中，要望・調整により，行政機関が民間の建設業者と契約した，油圧ショベル（バックホウ）やダンプトラックを，我々自衛隊の活動に連携させていただくようになりました。重機の規格も我々の要望に沿って，大小いろいろ準備していただき，作業の効率化を図ることができました。特に，市街地ということで，自衛隊の器材では困難な，狭隘な路地が大部分を占めていたことから，本当に助かりました。作業も人命救助・行方不明者の捜索活動ということで，何処にいるか分らない不明者を傷つけないよう，細心の注意を払って行いましたが，民間の重機オペレータの方にもその趣旨を理解していただき，自衛隊が行う手作業や重機での作業にあわせ，我々の指示によく従っていただくとともに，重機を操作する技量も非常に高く，順調に作業を進捗させることができました。

最後に，我々の任務を無事に達成できたのは，被災された住民の方々を始め，国民の皆様からの期待を強く感じながら，強い使命感をもって任務に臨むことができたからではないかと考えています。これからも「国民の最後の砦」として信頼されるよう，日頃から高い危機意識を持って即応性を維持し，如何なる任務をも無事達成できるよう訓練等に取り組み，国民の皆様の負託に応える所存であります。

——やつ　としゆき　陸上自衛隊　第6施設大隊　第1中隊長
（平成24年3月現在）——

ずいそう

初老 !? って

大石重生

入社して一筋に（自立心無かったのかな～）36年。気が付いてみると定年まで残す所２年を切ったこの頃，思いをはせる言葉が浮かんできました。【初老】ええ…。生まれ故郷は福井。オート三輪が懐かしい田舎で育ち，大都会（その頃の私の気持ち）の名古屋に出て来て40年(名古屋も一筋でした)。早いですよね～。

【初老】辞書引用

1. 老境に入りかけの人。老化を自覚するようになる年頃
2. 40歳の異称

昔ならいざ知らず今の日本の平均寿命は80歳，今後は定年も65歳まで引き上げられようとの声もちらほらです。40歳は早いですよね，年齢的には60～65歳でしょうかね。…まだ２～７年ある，まだまだ現役です。

毎日の生活を考えてみても，この40年でこんなに変わるとはその頃考えていたでしょうか。パソコン・携帯・ハイブリッドの車・子供たちのゲーム等々。技術の向上した物を生活へ取り入れるスピードが早い事を考えさせられます。

建設機械に関係する仕事に従事していますが，この分野では進化していない様に思います。

入社した頃は今の建設機械のほとんどを占める油圧式パワーショベル（P/S）は少なく，ブルドーザーが主流の時期で，今では何処でも見かけるミニショベルも殆どありません。小型工事は人力が多い時期でした。それからP/Sブームと成り，各社が競い合うように新機種・ラインアップを充実・機械の掘削能力はUPして工事作業能力の向上に貢献して来ました。その時期と合い重なりレンタルの普及が（当時は重機は購入して使用する事しかない）より工事への機械依存を強くしてきたものです。

近年は建設機械にもハイブリッド仕様が導入されてCO_2削減に向けて（排ガス４次規制のエンジン搭載車の開発も進んでいます）取り組み始めました。

いずれにしても実作業工程は依然として変わらず建設生産プロセスの調査・設計・施工・監督・検査・維持管理の中で建設機械は施工の能力UPに貢献しているだけでした。

そんな中，平成20年7月31日，国土交通省【情報化施工推進戦略】／建設ICTの施策が発表されました。

これこそ建設機械が施工の中で測量分野も含めた作業効率UP，並びに安全作業に携わる事のできる技術だと考えます。私どもも中部地方整備局の建設ICTのモデル工事を含めた中で，機械・機器の販売・レンタルに参画させて頂いておりますが，現場の工事業者の声として特に熟練オペ様の声を今もはっきり覚えております。

【こんな機器を搭載した機械にもう少し若い時に乗れたなら，まだまだ良い仕事が早く出来，仕事にやりがいを見つけられたのに(監督さんに指示されなくても，自分の機械の測量数値で作業出来る事らしいです)

この施工が広まれば，（コンピューター好きな）若い人がこの業界に入り易くなるんじゃないかな～】

この声を信じてこの施工の推進に今後とも誠意邁進していこうと所員と話をしております。

私の好きな言葉は平安時代に比叡山延暦寺の開祖／日本天台宗宗祖である最澄の書『山家学生式』の冒頭にある文句です。

【国宝とは何ものぞ　宝とは道心なり　道心ある人を名づけて国宝となす　故に古人言わく　径寸十枚是れ国宝に有らず　一隅を照らす　此れ即ち国宝なりと】

自分を信じて自分の場所で仕事に専念すれば良い仕事が出来自分も光り，又周りの人にも良い影響を与えますという事（東洋思想家安岡正篤の見解)。

社訓にも『誠実･意欲･技術』という言葉が有ります。

関係する皆さんと共に又，今後の人生を【一隅を照らす】人でありたいと思っております。

――おおいし　しげお　コマツ名古屋　レンタル21　営業企画部販売Ｇ――

JCMA 報告

平成 23 年度
機械施工と建設機械シンポジウム
優秀論文賞（3）

ハイブリッドシステムを搭載する ロータリ除雪車の開発

林　千尋・平山　英樹・西田佳緒理

1. はじめに

近年，世界的に環境意識が高まっており，地球温暖化の防止，CO_2 の排出量削減，さらには燃料価格の高騰を背景とし，ハイブリッド車や電気自動車などの低燃費，環境性能を特徴とした乗用車が相次いで実用化されている。

産業用車両においても例外でなく，車両台数の多い油圧ショベルやフォークリフトなどではハイブリッド仕様が既に市場に投入されている [1)～3)]。

これらの状況をふまえ，ロータリ除雪車の燃費向上を主目的とし，ハイブリッドシステムを搭載したロータリ除雪車の開発を行い一定の効果を得ることができたため，本稿にて報告する。

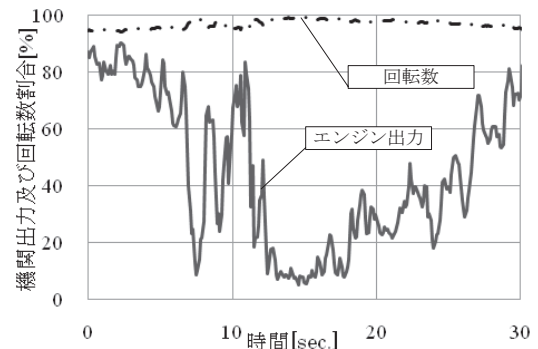
2. ロータリ除雪車の運転モード

（1）除雪作業時

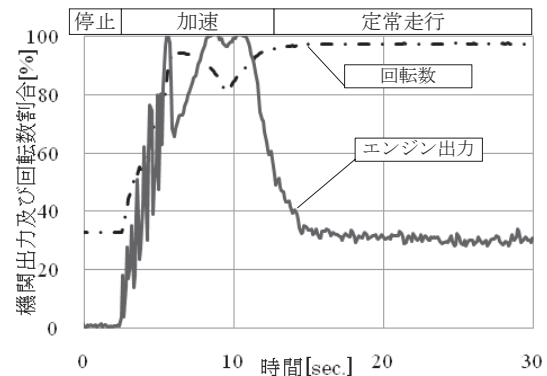
ロータリ除雪車の除雪作業は，車両前方に取付けたオーガによって雪塊を崩して掻き込み，その後方のブロワの遠心力によって他の場所やダンプトラックに投雪することにより行う。

150 馬力クラスの小型ロータリ除雪車の除雪作業時の負荷変動と回転数の一例を**図―1** に示す。エンジンの出力は 5 ～ 90％の間で大きく変動しているが，平均では 35％程度である。

作業時の車速は 1 ～ 5 km/h とごく低速のため，エンジンの出力は除雪による負荷が大半を占める。

また掻き込む雪の量によりその負荷が大きく変動するため，通常は最大負荷に対応できるようエンジンをフルスロットル付近に固定して作業を行っている。

図―1　除雪作業時の負荷変動の例

（2）回送時

図―2 に回送時の負荷変動の例を示す。図は，停止状態から最高速度まで加速して定常走行に移行したときを表している。

図―2　回送時の負荷変動の例

加速時に一時的に最大出力を必要とするものの，定常走行に移るとエンジンの出力は 30％程度まで減少している。また，小型ロータリ除雪車では最高速が低く高回転域を多用する事になるため，回送走行時はほとんどの時間エンジンを軽負荷・最高回転数で使用することになる。

以上より小型ロータリ除雪車は，作業時，回送時ともに最大出力が必要になるのは一時的であり高回転・軽負荷で運転する時間が非常に長いといえる。

3. 燃費の向上

前述のとおり，小型ロータリ除雪車の平均的なエンジンの負荷は，定格の 30 ～ 35％程度にとどまる。一般的にディーゼルエンジンの効率は高負荷のほうが高いため，通常の運転状態では燃費の悪い領域を多用しているといえる。

また，最大出力が必要な状況が一時的であることに

着目し，車両クラスよりも小型のエンジンを使用し，不足する出力を大容量バッテリーで補うことで，従来車両と同等の最大出力を確保しつつ燃費を向上させることが可能となる。

以上のことをふまえて，次のことを主眼におき，燃費の大幅改善を目的としたハイブリッドシステムの開発を行った。

・エンジンの負荷制御による高効率運転
・エンジンの小型化による低燃費化
・回生機能による減速エネルギーの回収

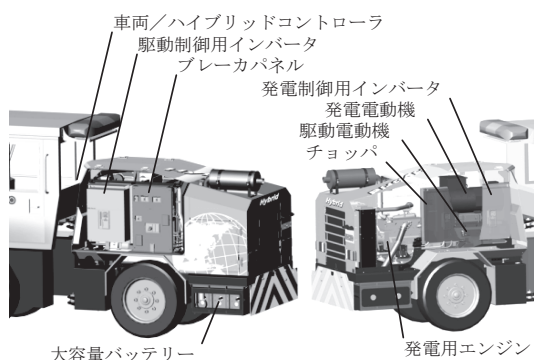
4. 開発車両の概要

図―3に開発車両の外観，**図―4**に機器レイアウト，**表―1**に主要諸元を示す。

150馬力クラスの小型車両をベースとし，インバータや電動機，大容量バッテリーなどのハイブリッド機器を車両後部の機関室内に搭載した。

また従来車両のエンジンを駆動電動機に置き換えた構成とし，この電動機によって除雪装置の駆動と車両の走行はもとより，ステアリングやブレーキの油圧も発生させている。エンジン以外の車両機器構成を従来通りとしたことにより，ベース車両からの変更を最小限にとどめ，開発期間とコストを抑えることができた。

電動機，インバータやバッテリーなどの機器は空冷仕様であるが，これらは電子機器のため雨や雪は故障の原因となる。そのため，機関室は密閉構造とし，前面の冷却空気の吸気口にはフィルターを設置して，雨や雪をシャットアウトする構造とした。発電用エンジンのファンによる空気流が，駆動・発電電動機，各インバータを冷却したあと機関室最後部のラジエータを通過して外部に放出される。

バッテリー室については熱のこもりを防止するため，吸気口近くの電動ファンからダクトを通して冷却風を送り込む構造とした。

表―1　開発車両主要諸元

			開発車両	ベース車両
全長		mm	6,070	5,680
全幅（除雪幅）		mm	1,800	
全高		mm	2,640	2,620
車両重量		kg	8,640	6,510
定員		名	2	
機関	定格出力	kW	70.1※1	112.1
駆動電動機	最大出力	kW	110	−
	定格出力	kW	55	
	種別		IPMSM※2	−
発電電動機	定格出力	kW	75	−
	種別		IPMSM※2	−
バッテリー	エネルギー容量	kWh	16.2	−
	種別		ニッケル水素	−

※1. 発電専用
※2. 埋込磁石同期電動機

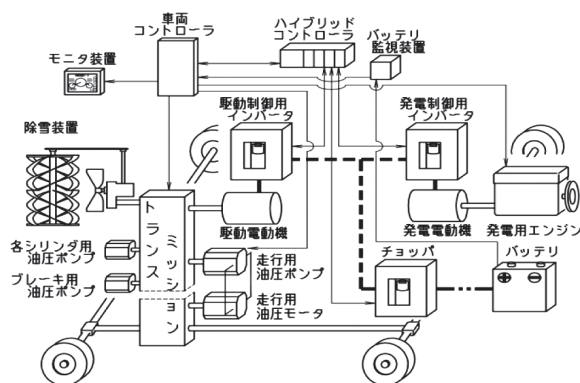
図―3　開発車両外観

図―4　機器レイアウト

5. ハイブリッドシステムの概要

(1) 機器構成

図―5に開発車両の機器構成を示す。

開発車両では，エンジンの動力と駆動電動機の動力が機械的に分離されたシリーズハイブリッド方式を採用した。この方式ではエンジンは発電専用であり，駆動用電動機の状況に関わらずエンジンの回転数と負荷

図―5　ハイブリッドシステムの構成

を意図的に自由に設定できるため，高効率領域での運転時間を飛躍的に延ばすことが可能となる。

さらに，発電用エンジンは従来の112 kWのディーゼルエンジンに替えて70 kWのものを採用し，約37％の小型化を行った。

また，駆動電動機と発電電動機には埋込磁石同期電動機を採用し，インバータと組み合わせて制御することで高効率運転を実現した。駆動電動機においては，最大出力の必要な時間は短時間であることに着目し，定格55 kWの電動機を最大200％運転することで，寸法，重量，価格の低減を図った。

車両全体の制御は従来通り車両コントローラが行い，回転数指令を受け取ったハイブリッドコントローラが各インバータとエンジンを制御する。ハイブリッドコントローラは，回転数指令，必要駆動電力，バッテリー電力，充電量（以下SOC），インバータの状態，モータ温度，エンジンの状況などの情報を複合的に判断し，各機器を制御する。

（2）システムの動作

①車両停止時

SOCが規定値以下の場合，発電した電力をバッテリーに充電する図―6（a）。

②負荷＜最大発電量の時

SOCが規定値以下の場合，発電電力を駆動電動機の出力よりも多くなるよう制御し，余剰分をバッテリーに充電する図―6（b）。

逆にSOCが既定値以上の場合，発電電力を下げてバッテリーから放電を行う。これにより燃料消費を低減する図―6（c）。

③負荷＞最大発電量の時

発電電力を最大にし，不足分をバッテリーからの放電で補う図―6（c）。

バッテリーの放電が続きSOCが制限値以下になった場合，過放電をしないよう駆動電動機の出力を制御する。

④エンジン停止時

開発車両では，SOCが十分なときオペレータが任意にエンジンを停止させ電気自動車として運用することが可能になっている。このとき駆動電動機の出力上限値は，バッテリーの許容出力に基づき制御される図―6（d）。

⑤車両減速時

駆動用電動機に逆トルクを発生させて運動エネルギーを回生し，バッテリーに充電する図―6（e）。

本システムはシリーズハイブリッドを採用しているため駆動用インバータの容量が大きいことと，バッテリーの許容充電電力が高いため，強力な回生ブレーキが利用できる。よって，フットブレーキをほとんど使わずに減速できるため，従来捨てていたエネルギーの大部分を回収可能である。

また，従来車両と同等なフィーリングを得ながら最大限回生できるよう，走行用油圧ポンプ流量と回生トルクの協調制御を行っている。この制御を行うことで，さらに約5％回生電力をアップすることができた。

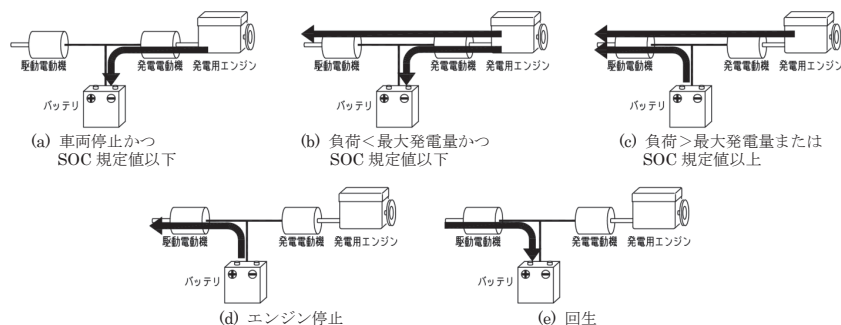
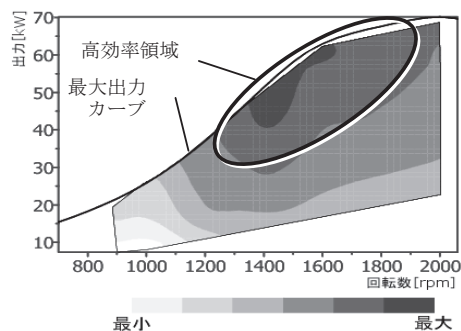
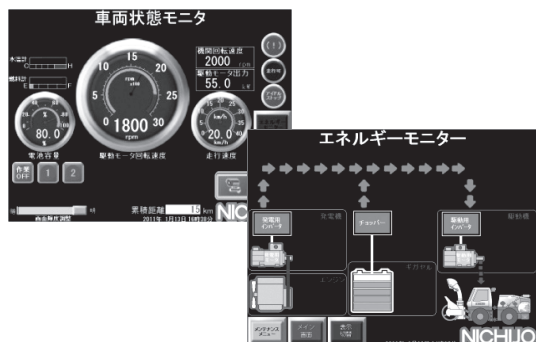
（3）エンジンの制御

図―7に，車両搭載状態で実測したエンジンの効率マップを示す。この図より，開発車両では50～60 kW，負荷率100％（全負荷）に近い領域がもっとも高効率なことがわかった。

以上をもとに，必要な発電量から最適なエンジンの回転数を求め，発電電動機のトルク制御によりエンジンの負荷率を変えて，常に全負荷運転になるよう制御している。

（4）モニタリングシステム

開発車両では，従来の機械式メータに代えて大型タッチパネル式モニターを採用した。表示内容を切替えることで，必要な情報を的確に把握できるようにした。

図―8に表示画面の例を示す。画面上には，回転数，走行速度など従来の内容に加え，電動機の出力，バッテリー残量のほか，電力の流れをリアルタイムに確認でき

図―6 エネルギーの流れ

図―7 車両搭載状態での効率マップ

図― 8　モニター表示画面

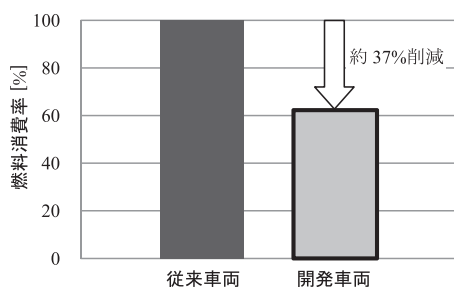
るエネルギーモニターや，エラー表示を可能とすることで，車両の状態をいち早く正確に確認することができる。

6. 燃費低減効果

燃費削減効果を確認するため，市街地と郊外の回送を想定した走行試験を行った。

(1) エンジンの高効率運転による効果

図― 9 に，従来車両を 100 としたときの燃料消費率（燃料使用量÷放出エネルギー量）の比較を示す。開発車両では，エンジンの小型化と高効率運転により，従来車両よりも約 37%の燃料消費率削減を達成することができた。

なお，2 項で述べたとおり回送時と除雪作業時の平均出力が大きく違わないことから，除雪作業時も同様の傾向になるものと考えられる。

図― 9　燃料消費率の比較

(2) 減速エネルギーの回生による効果

表― 2 に，走行試験を行ったときの回生率（回生エネルギー量÷放出エネルギー量）を示す。

市街地パターンでは発進停止の回数が多く回生の機会が多いため，約 8%のエネルギーを回生できている。市街地パターンと郊外パターンを同等の割合で走行した場合では，約 6%のエネルギーを回生できることがわかる。

表― 2　回生率

	回生率［%］
市街地	8.3
郊外	4.0
平均	6.3

(3) アイドリングストップ

走行試験の結果を基に開発車両のエンジンがアイドリングの時間を算出したところ，市街地では約 40%，郊外では約 25%であった。

この間の燃料消費量を算出すると，全体の約 1 割に達し，アイドリングストップ機能によりさらに大幅に燃料消費を抑えられる可能性がある。

現時点では，自動でアイドリングストップを行ってはいないが，条件等の詳細を検討中である。

7. おわりに

今回開発した小型ハイブリッドロータリ除雪車では，従来機と同等の最大出力を確保しつつ大幅な燃費向上を達成することができた。

アイドリングストップ機能の詳細や最適な SOC 管理方法の策定など，まだまだ改善点も多いため，今後基本技術を完成させるとともに，さらなる燃費向上に向け開発を続けたい。

J C M A

《参 考 文 献》

1) 鹿児島昌之：ハイブリッドショベル SK80H，建設の施工企画，'11.1，pp.39 ～ 43, 2011
2) 小川清光，二橋謙介ほか：世界初のエンジン式ハイブリッドフォークリフトの開発，産業車両，'10.4，pp.1 ～ 5, 2010
3) 内田喜康，長坂一郎ほか：3.5 トン積みエンジン式ハイブリッドフォークリフトの開発，産業車両，'10.4，pp.6 ～ 10, 2010

［筆者紹介］
林　千尋（はやし　ちひろ）
㈱日本除雪機製作所

平山　英樹（ひらやま　ひでき）
㈱日本除雪機製作所

西田　佳緒理（にしだ　かおり）
㈱日本除雪機製作所

JCMA 報告

平成 23 年度
機械施工と建設機械シンポジウム
優秀論文賞（4）

連続・高速・大量 CSG 製造設備の開発と合理化システム
世界初となる台形 CSG ダム

青野　隆・長谷　弘行・船迫　俊雄

1. はじめに

当別ダム建設事業本体工工事（北海道）は世界で初めて本格的な台形 CSG（Cemented Sand and Gravel）ダムを施工する工事である。CSG はダムサイト近傍で入手が容易な河床砂礫や掘削ずりにセメント・水を加え攪拌・混合したものである。当別ダムでは，堤体基礎掘削敷並びに堤体直上流に賦存する河床砂礫を使用して約 690,000 m^3 の CSG 打設を 11.5 ヶ月で完了した。

本編では施工の合理化策として開発した「連続・高速・大量 CSG 製造設備システム」並びに本システムの他工事への応用例について報告する。

2. CSG 製造設備システムの開発

当別ダムの CSG 打設のリフトスケジュールから，月最大打設計画量は約 124,000 m^3，日最大打設計画量は 7,250 m^3 であり，CSG 混合設備には計画上 450 m^3/h 以上の製造能力が必要不可欠である。

(1) CSG

CSG について以下に用語の定義を示す。

CSG 母材：CSG に用いる岩石質の原材料

CSG 材：原材料である母材を必要に応じてオーバーサイズの除去等によって所定の最大粒径以下に調整した材料

CSG：CSG 材にセメント，水を添加し混合したもの

(2) CSG 製造設備

CSG 製造設備は，CSG 材・セメント・水の各材料を貯蔵・供給輸送及び計量する設備，それらを混合するCSG 混合装置，製造したCSG を輸送・貯蔵・積込する設備で構成されている。

CSG 製造設備の主要装置であるCSG 混合装置には，当社で実績を有し当工事向けに開発を進めてきたSP ミキサ（ϕ1,200 mm）を採用している。

(3) SP ミキサ

SP ミキサは，当社を含めた 8 社（独立行政法人水資源機構他）による共同特許技術であり，CSG 工法混合用に開発した簡易な装置である。また，本装置は「CSG 工法用混合設備小委員会（財団法人日本ダム協会）」で承認された 14 機種の「DK 系ミキサ」の一つであり，DK 系 CSG 混合装置の区分では，「重力・動力併用型で形状がパイプ系」に分類される。

① SP ミキサ使用実績

当別ダム工事以前の当社におけるSP ミキサを用いたCSG 等の製造実績を**表―1**に示す。

表―1に示す各現場で採用したSP ミキサは，混合筒径がϕ500 mm 又はϕ700 mm の 3 連式である。CSG 材，セメント，水を正転・逆転・正転の順に回転する混合筒を通過させ，攪拌・混合製造しいずれも良好な結果を得ている。

表―1　SP ミキサの施工実績

工事名	製造量	混合筒径	能力
滝沢ダム	17,600 m^3	ϕ500 mm	50 m^3/h
稲葉ダム	49,200 m^3	ϕ700 mm	80 m^3/h
湯西川ダム	19,500 m^3	ϕ700 mm	80 m^3/h

②ϕ1,200mmSP ミキサの開発経緯

当別ダムの CSG 製造には，450 m^3/h 以上の製造能力が必要なことから，**表―1**に示す従来設備のϕ700mmSP ミキサでは製造能力が 80 m^3/h 程度であるため，6 基以上の設備が必要と想定された。

したがって，連続・高速・大量製造への対応と，設備コストや製造手順などを勘案し，1 基当り 250 m^3/h 以上の製造能力を有するϕ1,200 mmSP ミキサを開発した。

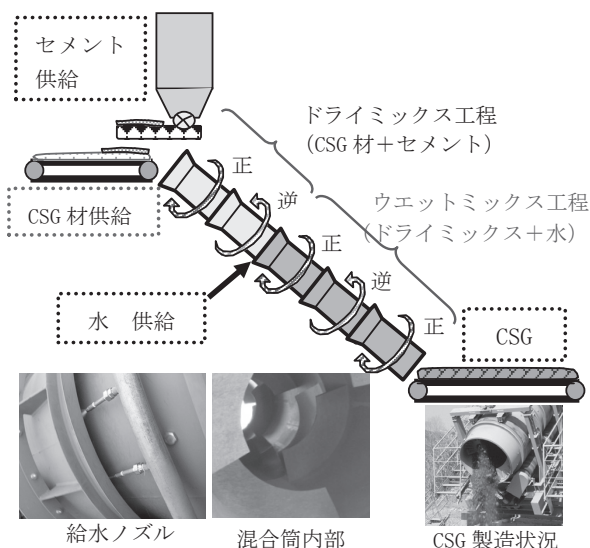
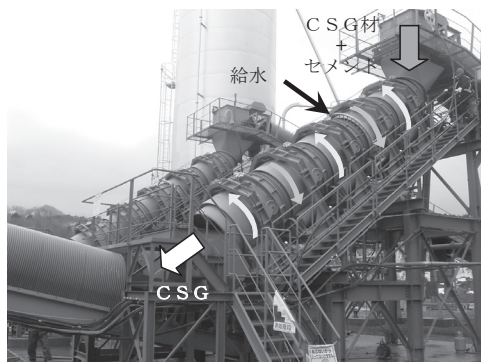
③混合方法の開発

CSG 材は，建設現場周辺で容易に得られる材料を分級・粒度調整・洗浄を基本的に行うことなく，必要に応じてオーバーサイズの除去や破砕を行う程度であることから，粒度は同一採取地の材料であっても変動する。したがって，CSG 混合装置の開発目標は，「所定範囲内で粒度変化がある材料でも品質を確保できる混合方法」と「CSG 材の粒度変化があっても 250m^3/h

以上の製造能力を安定して確保できる混合方法」とし，これらの実現可能な設備を開発した。

（a）製造能力・品質の確保

SP ミキサの使用実績からϕ500 mm ⇒ϕ1,200 mm とすることで断面積が 6 倍で製造能力は約 5 倍（50 m^3/h × 5 倍＝ 250 m^3/h）になると推定された。また，ある程度の粒度のばらつきがあっても品質を満足し，均一に混合できるしくみも併せて必要であるため，新たな混合方法を考案し試験機を製作し確認実験を行うこととした。

考案した混合方法は「セメントと CSG 材の均一な混合」「給水タイミングと均一な給水」上部 2 連の混合筒は CSG 材とセメントをドライミックスする工程，下部 3 連の混合筒はウエットミックスする工程とし，それらを組合せた新混合方式を開発した（**図― 1，写真― 1**）。

図― 1　混合筒 5 連方式と各種設備内容

写真― 1　混合筒 5 連方式の SP ミキサ

実証試験し製造した CSG から試料を採取して大型供試体を作製し，強度を確認した結果，製造能力は最大で 250 m^3/h 以上であることが確認された。

（b）混合性能向上策

・5 連混合筒の回転：実験によって正転・逆転・正転・逆転・正転方式の有効性を確認し採用

・二種類のミキシング工程：実験によってドライミックス＋ウエットミックス方式の有効性を確認し採用

・混合羽根の形状：実験によって最適な羽根高さ，幅，据付角度を検証し設計

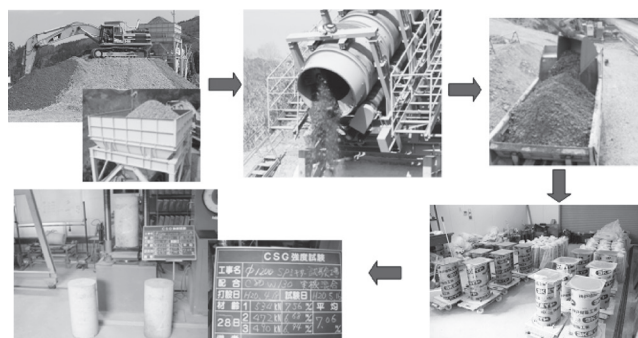
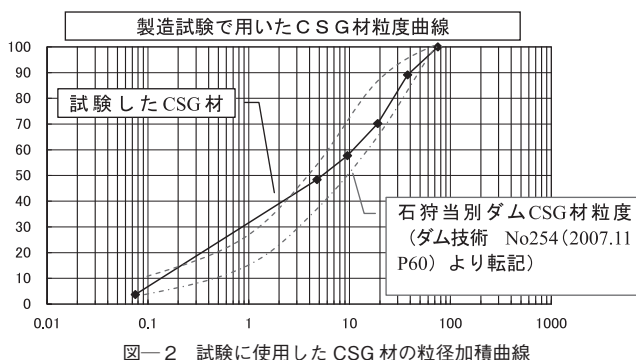
・円周式給水ノズル：ドライミックス＋ウエットミックス方式の実現のため筒隙間からの給水と均等な水供給方法として円周式給水ノズル方式を考案

（c）付着防止策

・ホッパ，ライナ，羽根：コンクリート付着軽減ゴムの採用

・混合筒内部：エアノッカによる付着物剥離

④二種類のミキシング工程方式の有効性

ドライミックス有無の効果を確認するため，実証試験で製造した CSG から試料を採取して大型供試体（**写真― 2**）を作製，強度を確認することとした。なお，使用した CSG 材は購入した模擬 CSG 材に砂（細粒材）をブレンドし，当別ダムの CSG 材粒度に近い状態とした（**図― 2**）。

写真― 2　CSG 試験製造と大型供試体作製

図― 2　試験に使用した CSG 材の粒径加積曲線

試験結果は，**表― 2** に示すとおりドライミックスありの大型供試体によるσ28 強度が，ドライミックス無しの結果より約 12％向上する結果となりドライミックスの効果が確認された。

表―２ ドライミックス有／無のσ28強度結果

単位（N/mm2）

試験数	ドライミックス無し	ドライミックス有り
1	4.27	4.90
2	4.53	4.84
3	4.25	5.15
4	4.78	5.55
5	4.53	5.35
平均	4.47	5.16

(4) 連続・高速・大量製造設備の特徴

① CSG 製造設備の製造フロー

4 m^3 級油圧ショベルで投入ホッパに投入された CSG 材は，投入ホッパ下部のベルトフィーダで引き抜かれ，ベルトコンベアを経由して SP ミキサへ搬送される。一方，セメントは 30t サイロからロータリフィーダで切り出され，ベルトコンベア経由で CSG 材上に供給される。

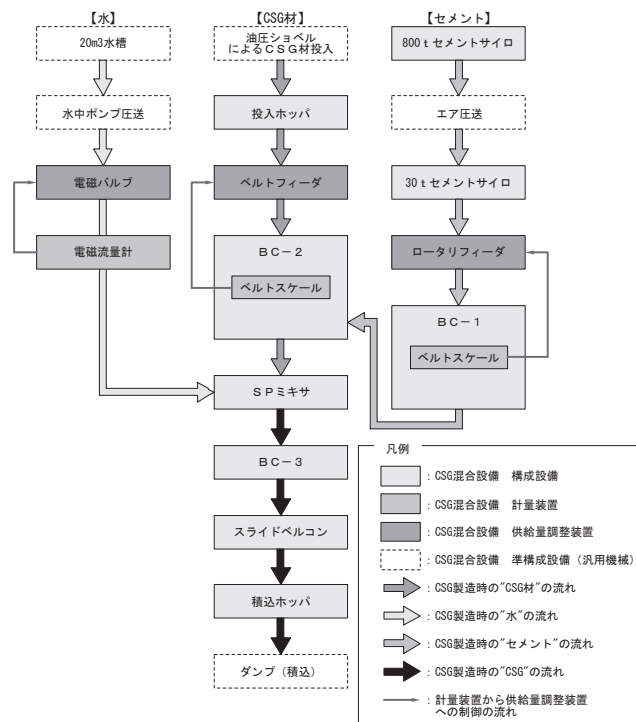
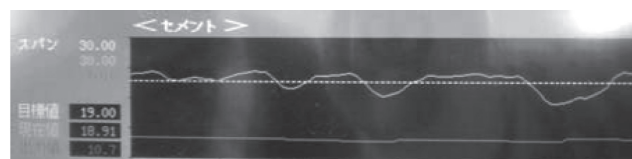
CSG 材とセメントは SP ミキサ上部 2 連でドライミックスされた後，途中給水され下部 3 連でウエットミックスという工程を経て CSG となる。SP ミキサから吐出した CSG は，更にベルトコンベアで移送されスライドコンベアを経由して積込ホッパに一時貯蔵された後，最終的に重ダンプに積込まれる（**図― 3, 写真― 3**）。

②セメント安定供給手法の確立

30 t サイロ底部には，気密性に優れたロータリフィーダをセメント切出し装置として採用し，切出したセメント量が常時一定になるようロータリフィーダの回転数を制御している。

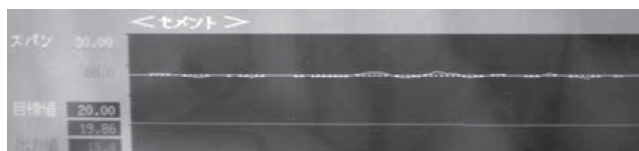
(a) セメント供給の不安定要因

30 t サイロ下部では，すり鉢形状によるセメントのブリッジ現象の発生や，800 t サイロからのセメント圧送による衝撃力の伝搬などによりロータリフィーダ内へ降下するセメント密度や供給量が不安定な状態になっていると考えられる。

写真― 4 の供給量監視グラフはその時の 3 分間のセメント供給状態を示したもので現在値（緑線）が上下に振れて不安定になっているのがわかる。

図― 3 CSG 製造設備の製造フロー

写真― 4 セメント供給量監視グラフ（不安定時）

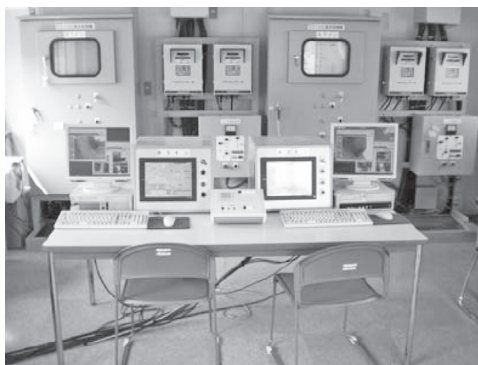
(b) 対策方法

ロータリフィーダによるセメント切出し量を安定させるためには，30 t サイロ内で常に一様な密度のセメントになることが理想的である。したがって，セメントサイロに装着したエアレーション装置の作動時間，間隔やエアレーション圧などの最適パラメータ設定を行うことで，セメント残量に応じてセメント密度を定常的に安定する手法を見つけ，設定供給量に対する変動誤差 1% 以内を可能とした（特許申請中）。安定時

写真― 3 当別ダム CSG 製造設備（全景）

写真― 5　セメント供給量監視グラフ（安定時）

のセメント供給量監視グラフを**写真― 5** に示す。

③ CSG 製造総合監視システムの開発

CSG 製造・搬送・一時貯蔵・ダンプ積込を監視する総合監視操作室を設置した（**写真― 6**）。各 CSG 製造設備の操作だけでなくセメント輸送設備，CSG 材供給量，セメント供給量，給水量，CSG ホッパへの投入量などすべての監視，操作をタッチパネル式のコントローラ上で行うことができる。

写真― 6　CSG 製造総合監視システム

また，CSG 材の水分量確認ができる RI 水分計モニタリングシステムやデジタルカメラ画像解析技術による CSG 材粒度モニタリングシステムを開発導入している。本システムによって，施工当日の CSG 材の計測値が基準値に対してどのような状態にあるかリアルタイムに監視できるようになった。

3. 合理化された設備・ICT の導入

連続・高速・大量製造された CSG を効率よく供給し，施工する機械的な工夫を施し合理化された設備を紹介する。

（1）CSG 積込設備の合理化

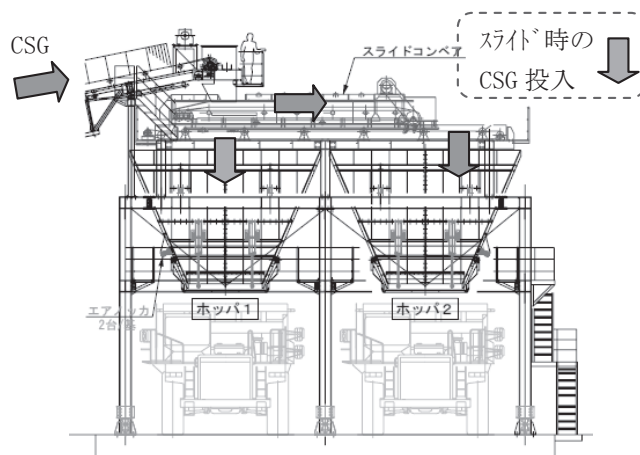
①確実な CSG 積込設備

CSG 運搬機械には 55 t 級重ダンプトラックを採用して投入台数を削減している。その際に，積込ホッパに貯蔵された CSG を重ダンプのベッセルへ確実に 55 t 積荷できる工夫が必要であった。ホッパによる積込では，油圧ショベルによる積込のように積込んだ後，荷こぼれ防止やベッセル内の均一性確保のためバケットによる「荷押さえ」ができない。したがって，三次元 CAD でベッセル上の積荷形状をシミュレーションし，最適なホッパゲート数，ゲート間隔の設計を行うことで荷こぼれなく（**写真― 7** 荷姿参照）確実に 55 t 積荷可能なホッパを導入した。

写真― 7　55 t 級重ダンプベッセル荷姿

② CSG 一時貯蔵・積込設備の工夫

1 基あたり 250 m³/h の速度で連続製造する SP ミキサを停止することなく安定運転するためには，SP ミキサで製造された CSG の搬送設備と積込ホッパ及び重ダンプへの積込手順が連続大量製造と連動したシステムとなっていなければならない。

図― 4 に示すように 2 台の CSG ホッパを設けて CSG を交互に一時貯蔵，ダンプ積込を行うシステムを導入した。

図― 4　スライドベルコン式積込ホッパ

各 CSG ホッパへの投入振分けを担うのがスライド式のベルトコンベアで，一方のホッパが設定量に達すると自動的に移動し，他方のホッパへ CSG を投入する。なお，ホッパにはロードセルを取り付けホッパ貯蔵量を管理している。

（2）ICT（情報通信技術）の導入

① 3D-MC ブルドーザ

堤体上の CSG 敷均しには三次元マシンコントロール

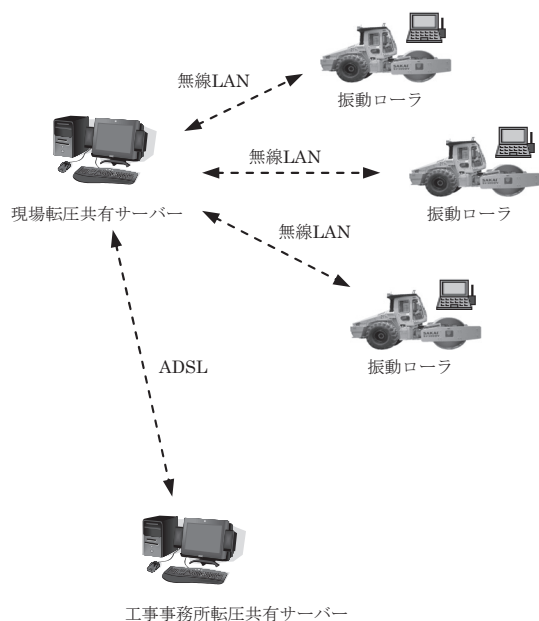
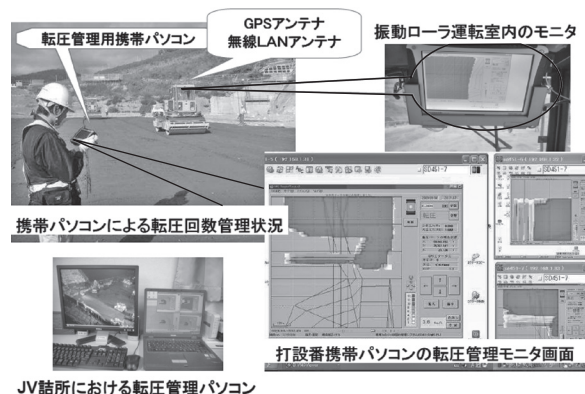
写真―８　3D-MC ブルドーザ施工状況

写真―９　施工管理者モニタシステム

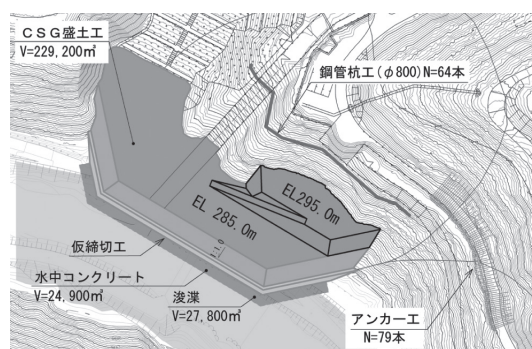
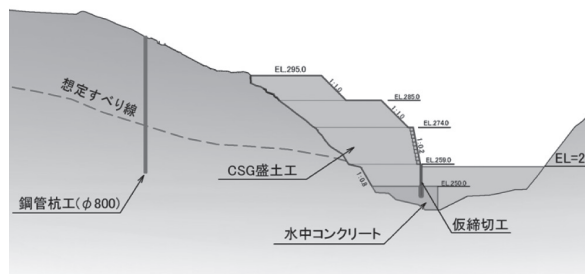
を搭載したブルドーザを採用した。オペレータは粗均しを手動モードで行った後，自動制御モードで前後進の操作を行うだけで，設定された高さで確実に敷均しができて，効率的で高精度な作業が可能である（**写真―８**）。

②無線 LAN を活用した転圧管理システム

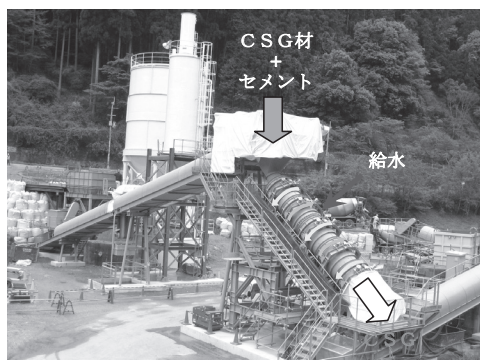
CSG の転圧管理には，振動ローラに GNSS 受信機を搭載した転圧管理システムを採用した。運転室内のモニタには作業範囲の図面上で転圧回数に応じて色が変化するので，オペレータは効率良く，過不足なく締固め作業できる。

さらに，本システムに無線 LAN を組み合わせて，複数台の振動ローラが相互に転圧軌跡を共有化（**図―５**）することで，効率よく転圧漏れがないように施工することが可能となった。また，施工管理者モニタシステムを採用することで運転手だけでなく，施工管理者及び現場事務所においてもリアルタイムに転圧回数を管理できる体制を構築した（**写真―９**）。

図―５　無線 LAN を活用した転圧情報共有化システム

4. 押え盛土材製造設備（大滝地区地すべり対策工事）

大滝地区地すべり対策工事（国土交通省近畿地方整備局）は，大滝ダムに貯水した場合の斜面の安定性低下を防止するための工事である。

対策工は抑止工と抑制工に分類され，抑制工はダム湖浚渫・水中不分離性コンクリートにて置換え並びに押え盛土工（CSG 盛土）を行うものである（**図―６, ７**）。

図―６　抑制工平面図

図―７　抑制工断面図

(1) CSG 製造設備

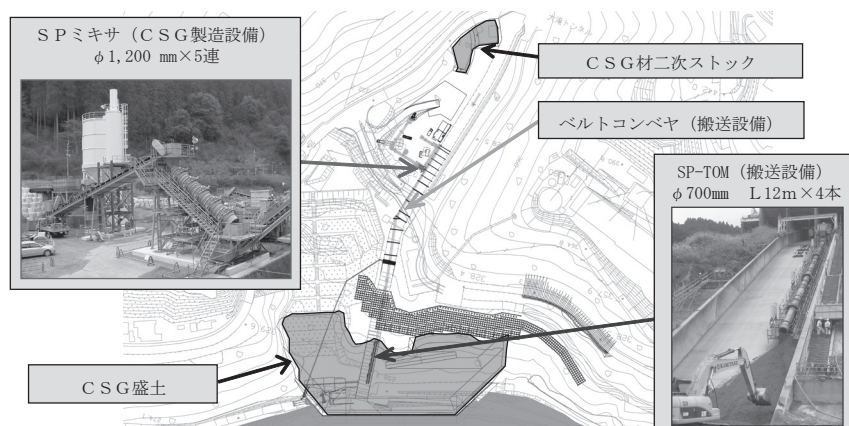
仮締切内部（**図―７**）に約 22.9 万 m^3 の押え盛土工として使用する CSG の製造には，当別ダムで実績のある φ1,200 mmSP ミキサ５連式を１基採用した（**写真―10**）。

写真―10　CSG 製造設備

① CSG 製造

CSG 材には複数個所の建設発生土並びに購入材の使用を計画しており，粒度の異なる CSG 材を用いても SP ミキサ内で材料は十分に攪拌・混合され品質は良好であった。

当工事では 2010 年 9 月から製造開始し 2011 年 7 月までの 11 ヶ月間で約 20 万 m^3 の CSG 製造量を確保し工事は順調に進捗している。

② CSG 盛土

SP ミキサで製造された CSG は，斜面に配置したベルトコンベア及び SP-TOM（Special Pipe Transportation Method）で約 250 m 搬送され（**図―8**），クローラダンプトラックで所定エリアまで移送後ブルドーザにて均一に敷均しされ振動ローラで締固められる（**写真―11**）。なお，当工事でも当別ダム工事同様 ICT（情報通信技術）を導入し，施工の合理化を行っている。

5. おわりに

当別ダムで稼働した 2 基の SP ミキサ（ϕ1,200 mm × 5 連）を中核とした CSG 製造設備は，不具合も無く順調に製造を継続した。本格製造は 2009 年 6 月から 2010 年 9 月の製造完了までで，堤体工と雑工（押え盛土工など）を合わせると 11.5 ヶ月（実働稼働日数 271 日）で約 69.3 万 m^3 の CSG を製造した。日最大 8,500 m^3，月間最大 120,000 m^3 の製造を成し遂げ，その能力を実証することができた。また，大滝地区地すべり対策工事の CSG 製造設備にも 1 基の SP ミキサ（ϕ1,200 mm × 5 連）が導入され，順調に製造している。

JCMA

《参考文献》

1) ㈶ダム技術センター；台形 CSG ダム施工・品質管理技術資料
2) ㈶ダム技術センター；ダム技術　No254，2007 年 11 月

[筆者紹介]
青野　隆（あおの　たかし）
鹿島建設㈱
機械部

長谷　弘行（はせ　ひろゆき）
鹿島建設㈱
北海道支店

船迫　俊雄（ふなばさま　としお）
鹿島建設㈱
関西支店

図―8　CSG 盛土製造設備・搬送設備

写真―11　CSG 盛土　施工状況

CMI 報告

大規模災害対応サイフォン排水の現場適用に向けて

佐々木　隆男

1. はじめに

近年，地震や豪雨等の自然災害により大規模な河道閉塞が形成されており，この崩壊による二次災害を防ぐため仮排水路設置等の対策工事がなされている。この工事中は湛水面の上昇を抑制するための緊急排水が行われ，従来では排水ポンプによる緊急排水が行われてきた。この排水ポンプを運転するためには発電機用燃料が必要となるが，道路が寸断された状況ではヘリ空輸による燃料補給も必要となり，平成 16 年新潟県中越地震では日当たり約 54 万円の費用が必要であった。このため国土交通省砂防部などから「大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方（提言）」において，排水方法の一つとしてほとんど動力を必要とせず排水が可能となるサイフォン排水が提言された。

しかしサイフォン排水は導入実績がなく，具体的な設置方法や揚程の限界等が確証されていない。このような背景から，国土交通省において実大規模の大口径管を使用したモデル実験業務の技術提案が公募された。当協会はこの業務を受注して実験に参画した。実験の結果，サイフォンの起動・停止に係るノウ・ハウや適用限界は圧力水頭で－8.7 m（実験配管の揚程では 7 m）であることなどが確認された。

本稿では，モデル実験の概要を紹介し，災害現場でのサイフォン排水実施に係る課題と提案を述べる。

2. モデル実験

モデル実験では以下の事項を確認するものとした。

①管内の充水方法とサイフォン起動方法

②配管内圧力と流量

③負圧下における気泡の発生と配管挙動

また，モデル実験とは別に管材質と継ぎ手部の信頼性を確認する要素試験を行った。

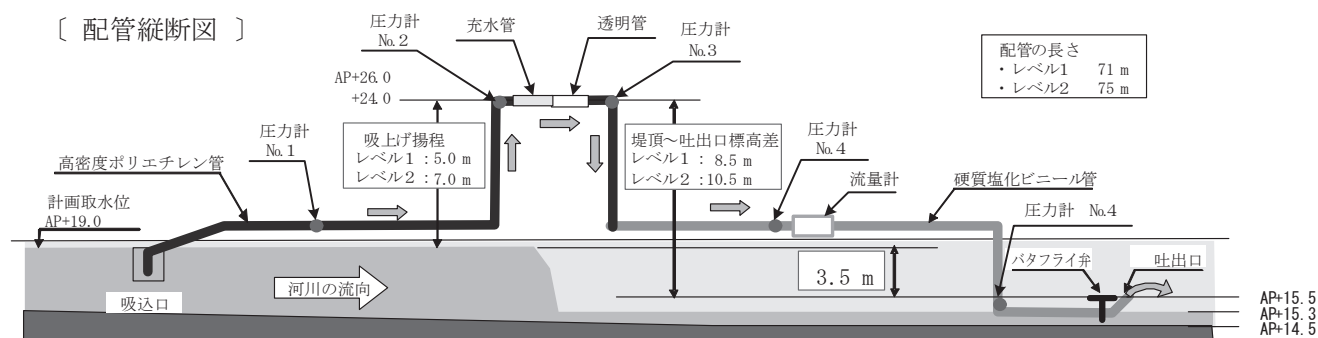
(1) モデル実験の実験設備

モデル実験は，多摩川河口から約 22.4 km 地点に位置する二ヶ領宿河原堰右岸に於いて実施した（**写真─ 1** 参照）。管路は堰上流水面から取水し，最大 7m の高さを乗り越えて河床に排水するものとした。延長 75 m の配管には，人力で設置できる重量を考慮しつつできるだけ大容量の排水が可能な口径 φ400 mm を選択した（**図─ 1** 参照）。

吸込み部はベルマウスではなく単純な曲管構造にして，ゴミ防護スクリーンを設けた。サイフォン頂部には管内を水で満たすための注水ポンプ及び真空ポンプ接続口を設けた充水管を設置し，流水の状況を観察できるように長さ 1 m のアクリル透明管を接続した。

吐出部にはサイフォン起動に際して管内を充水するためと，排水の停止あるいは流量調節のため止水バルブ（バタフライバルブ）を設けた。

配管には，配管内圧力計 5 箇所，超音波流量計 1 箇所と振動加速度計を設置し，止水バルブ開度との関連を調べた。また，実験時の気象観測として大気圧，気温，湿度を測定した。

写真─ 1　モデル実験の全景

図―1 モデル実験の配管縦断図と圧力測定点

(2) 実験結果

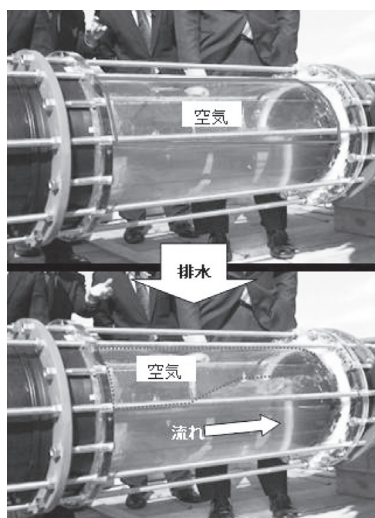
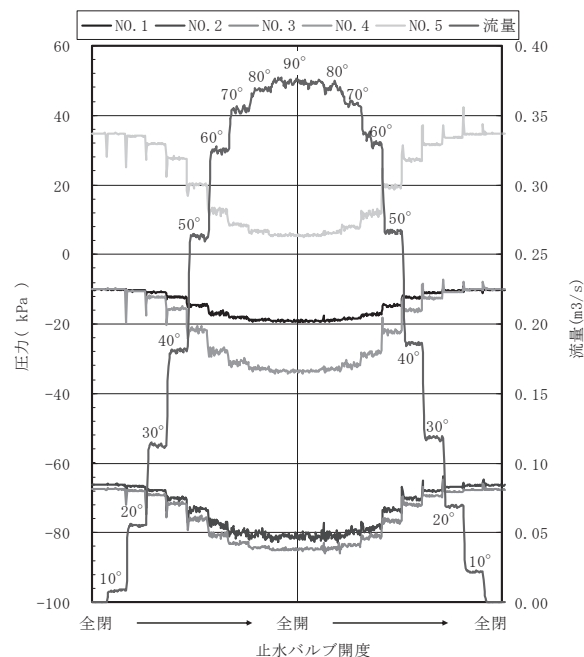
①配管内充水とサイフォン起動方法

配管内の充水は，水中ポンプ（0.2 m^3/min）と真空ポンプ（－93 kPa）を併用と，真空ポンプ単独運転の二通りとした。ほぼ満水となった所要時間は**表―1**のとおりで，配管の気密性が確認されれば真空ポンプ単独運転で短時間に充水は完了できることが確認された。

表―1 充水所要時間（ポンプ運転時間）

	水中ポンプ(WP)	真空ポンプ(VP)	合計
WP, VP 併用	約 29 分	約 6 分	約 35 分
VP 単独	－	約 13 分	約 13 分

また，充水完了後に止水バルブを開放すれば，サイフォンは起動する。バルブの開度と排水量（流量）の関係を確認した（**図―2**参照）。

なお，この実験では，配管最高地点の管内に管の断面半分程度といった大量の空気が残っている場合でも，サイフォン起動には支障がないこと，流量 0.17 m^3/s（流速 1.4 m/s）以上となれば空気は水流に載って排出されることを確認した。

写真―2 管内空気の排出状況

図―2 配管内圧力と流量測定結果

②配管内圧力と流量

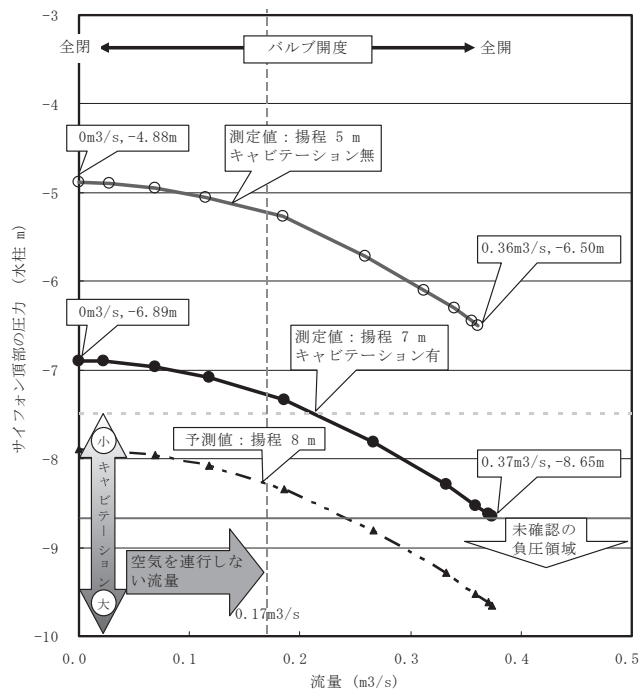
吸い上げ揚程 7 m の配管内圧力と流量の測定結果を示すと**図―2**のとおりで，配管内圧力は計画取水面（**図―1**参照）より高い位置では負圧，低い位置では正圧である。負圧の最も大きい配管最高地点は，水を流さない静圧状態では揚程に等しい圧力を示し，流量が増えると負圧はより大きくなることが確認された。

また，実験結果の配管内圧力や流量は，水理学の計算値に近いものとなった。

③負圧下における気泡の発生と配管挙動

揚程 7 m では静圧状態でもキャビテーションと呼ばれる気泡の発生が確認されたが，この実験では，最大流量時でも気泡の影響による管の異常振動等は確認されなかった。

(3) 実験結果の整理（吸い上げ揚程の限度）

配管最高地点の圧力（圧力水頭に換算）と流量の関

図―３ 配管最高地点圧力と流量

係を再整理すると**図―３**のとおりである。

図には揚程８mの予測値を示したが，バルブを半分程度開いたところで，実験で確認された負圧よりも大きな状態となり，これ以上バルブを開けばキャビテーションも激しくなることが予測され，配管への悪影響が予想される。このような場合，流量を少なく制御して対策を行うことが必要となる。

モデル実験の範囲では，配管径に見合う流量を得るための吸い上げ揚程は7m程度が適用限度と考えられる。

3. 配管継ぎ手の要素試験

災害現場に配置される配管は，地表の凹凸や余震による変形に追従する特性が求められる。これを確認するためモデル実験で用いた２種類の樹脂製管について曲げ試験を実施した。

試験は，管長20mで管断面90%を水で満たした後真空状態としたもので，管や継ぎ手部に変形が見られるまで，管の両端を移動式クレーンで吊り上げるものとした。

試験の結果，高密度ポリエチレン管は両端を４m吊り上げた時点で，管本体に座屈を生じたが気密性は確保されていた。この時の管の曲率半径はR = 8.9mであった。

硬質塩化ビニル管は，両端を2.5m吊り上げた時点で管自体の変形は僅かであるが，接着継ぎ手部が抜け

写真―３ 高密度ポリエチレン管の曲げ試験状況

写真―４ 硬質塩化ビニル管の曲げ試験状況

出し，管の気密性が低下した。この時点の管の曲率半径はR = 13.9mであった。

この結果から，硬質塩化ビニル管を用いる場合は可とう性継ぎ手の併用も必要と思われる。

4. 災害現場への適用に当たっての課題

これまでは河道閉塞でサイフォン排水の導入実績はなかったが，モデル実験から揚程7m，配管径φ400mm，配管長75mのサイフォン排水手法が確立され，この条件が適用される災害現場であれば実用性は高い。しかし，実現場へ投入するには次の３つの課題がある。

①モデル実験で使用した高密度ポリエチレン管は継ぎ手部をフランジとしたことで重く，管を持ち上げるだけでも作業員６名は必要であるため，配管作業にはクレーン等の重機の使用が前提となる。ただし，実際の災害現場は巨石も点在するような不整地であるため，重機の使用は難しく，何らかの対策が必要と考えられる。

②大口径の配管は特注品であるため，入手するまで約２～３ヶ月必要である。緊急排水の観点から入手は課題となる。

③サイフォン排水は配管の気密性が重要で，配管設置後に外力を受けて変形する恐れがある時には，硬質塩化ビニル管の接着継ぎ手は，要素試験で見られたように管の抜けだしを生じて気密が保てなくなる。このため要所に可とう性継ぎ手が必要となるが，可とう性継ぎ手は納期20日程度を必要とする。

5. 解決策の提案

先の課題に対して次の解決策の提案を行う。

①湛水面の水位変動を考慮すれば，吸い込み側には可とう性に優れる高密度ポリエチレン管が適している。配管作業が人力となる場合は，管質量を考慮して小口径の配管とし，必要流量を確保するために多条配管とする方法を提案する。通常流通している管口径の上限は ϕ200 mm 程度であるが，この口径での多条配管サイフォンの実証を行い，発災時の速やかな対応方法を確立する必要がある。

なお，中部地方のある施工会社においては，砂防ダム堰堤の高低差を使い，ϕ200 mm サクションホースにより，災害対策を前提とした「サイフォン排水の無電力始動実験」を計画している。その結果が何らかの形で報告されることを期待している。

②重機の使用が可能な現場では，1条で必要流量が確保できる大口径が適している。大口径管の入手には長時間を要することから，緊急に対応するためには管の備蓄が必要である。備蓄基地の整備が望まれる。

③継ぎ手は配管ルート変更の容易さや，使用後の保管を考慮すればフランジが優れる。高密度ポリエチレン管は口径 200 mm 程度であればフランジ管の入手が5日～7日で可能である。解決策①との重複になるが，可とう性を特徴とする高密度ポリエチレン管による，短時間でのサイフォン排水立ち上げの実証機会として，定期的な実施訓練を行うことが望ましい。

6. おわりに

これまではポンプで排水するしかなかった緊急排水であるが，燃料補給を必要としないサイフォン排水の可能性が明らかとなり，排水手法の選択肢が一つ増えたと言える。この技術を少しでも早く現場へ導入していただけるように，モデル実験での課題とその対応策を述べさせていただいた。大口径機材の備蓄および，短時日で納入可能な配管材でのサイフォン構築の両面から災害への備えをお考えいただければ幸いである。

JCMA

[筆者紹介]
佐々木　隆男（ささき　たかお）
(一社)日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所　研究第四部
専門課長

部会報告

中央環状品川線大橋ジャンクション連結路工事見学会

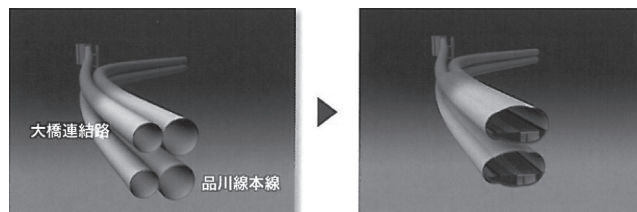
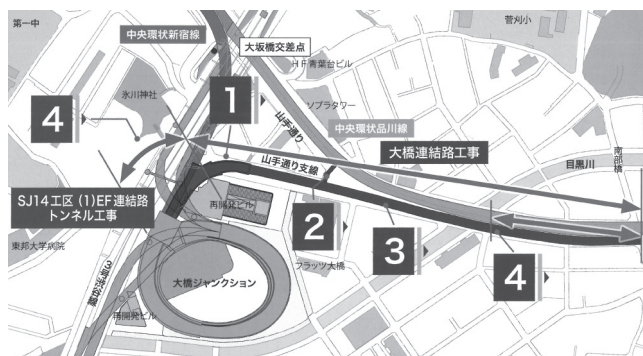
建設業部会

1. はじめに

建設業部会主催（レンタル業部会との合同）の今年度第2回目の現場見学会を2012年1月24日に首都高速道路㈱の大橋ジャンクションにおいて実施したので本誌に紹介する。参加者は事務局も含め35名であった。

2. 工事概要

工事名①：中央環状品川線大橋連結路工事

当工事は先行している中央環状品川線シールドトンネル（北行き）との連結工事である。φ9700 mmの泥土圧シールド工法により連結路トンネル（上層トンネル500 m，下層トンネル480 m）を構築する。その後に，大井方向からの品川線本線シールドトンネルとの間を地中で切開いて分合流部（接続部上層，下層各約200 m）を構築する。**図—2，3**に概念図を示す。

図—1　中央環状線全体図（工事パンフレットより抜粋）

図—2　工事内容（工事パンフレットより抜粋）

1 開削トンネル工事　2 地上避難出口工事（立坑）

3 シールド工事　4 分合流部工事

図—3　分合流部構築（工事パンフレットより抜粋）

工事名②：SJ14工区（1）EF連結路トンネル工事

中央環状新宿線と大橋連結路を接続する工事であり，既に完成している中央環状新宿線を供用させながら上層シールドトンネルを開削工事で切開き（約40 m），分合流部を構築するものである。

3. 現場見学

見学会は大橋ジャンクションの中央にある大橋換気所内の会議室において工事内容の説明を受けた後に行なわれた。

はじめに建設業部会の山﨑幹事長より見学会開催のお礼の言葉があり，続けて事業を監督される東京建設局大橋建設事務所の原田所長よりお言葉を頂き，広報担当の川瀬様による工事概要の説明を受け，現場見学となった。当日は前日に雪が降り，防寒着を羽織っての行動となった。

写真—1　工事概要説明状況

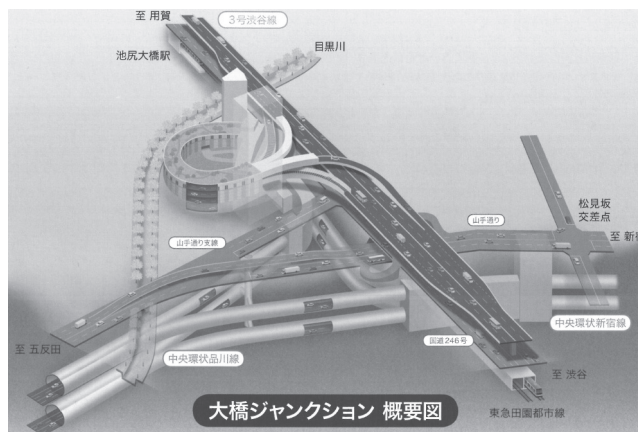
大橋換気所の屋上に設けられた「おおはし里の杜」から見学開始となった。この空間はかつてこの地域にあった樹木地，草地，水辺・流れ・池，水田などを創出して多様な生きものの生育，生息空間を再生することを目的に整備されたもので，地元の小学生による稲作などの催しにも使用されている。

写真―2　おおはし里の杜

大橋連結路のシールド工事の進捗状況は下層トンネルの掘削を終え，上層トンネルの200 m付近を掘削中であった。上層トンネルの到達は今年の3月の予定である。下層トンネルは床版を受ける側壁を構築中であった。中央環状品川線の本線は昨年末に上層部のシールドが到達しており，下層部のシールドが大橋連結路の下層トンネル到達部付近まで掘削が進んでいた。丁度，下層の到達付近で見学している時に巨大なセグメントを見上げる中，セグメントの背面にシールドマシンが居るとの説明を聞いた。下層の本線シールドも今年の3月の到達を予定している。

今回採用されたシールドマシンは1台で2本のシールドトンネルを施工する工夫がされていた。下層部終了後内胴を引き出して上層にジャッキアップし，再利用する方法であるが，その時に使用した引き出し用の鋼材が一部区間残されていた。工事は平成26年3月開通を目標に安全に進められていた。

写真―3　上層シールドトンネル（掘削中）

写真―4　下層シールドトンネル（到達部）

図―4　大橋ジャンクション　完成イメージ図
（工事パンフレットより抜粋）

4. おわりに

最先端のトンネル技術が満載であり世界屈指とも言えるシールド技術，シールドトンネルの非開削接合の実施工を見て，大きな刺激を受け，大変有意義な時間となった。最後に大変お忙しい中，丁寧な説明，現場の案内をして頂いた首都高速道路㈱の中西課長代理他の方々並びに見学場所で親切に対応して頂いたハザマの皆様に厚く御礼を申し上げます。

J C M A

［筆者紹介］
川西　健之（かわにし　たけゆき）
㈱奥村組
東日本支社　機械部
工務課長

部 会 報 告

建設機械用グリース規格　JCMAS P 040 のオンファイル

機械部会　油脂技術委員会

JCMA 油脂規格普及促進協議会（以下 協議会）は，建設機械用グリース規格 JCMAS P040 の自己認証制度（オンファイルシステム）の運用による普及活動を開始するので報告する。

1. 建設機械用グリース規格「GK･GKB」策定の経緯

建設機械には作業機まわりのピン・ブッシュや旋回機構などの焼付き防止や摩耗防止のためにグリースが使用されている。一般にグリースの分類は，基油，増ちょう剤，添加剤などの構成成分や，JIS K 2220[1)] のように用途で分類する方法，更に ISO による品質分類があるが，これらの分類は必ずしも建設機械用としての要求品質を分類する規格ではなかった。そのため使用者にとってはグリースの選定が困難であるばかりでなく，誤使用による不具合発生の懸念があった。

そこで建設機械製造業各社は，独自のグリース，及び推奨グリースを市販の用途分類から推奨している状況であった。

また，使用者側からは，給脂間隔を延長した近年の建設機械に適合し，複数メーカーの建設機械に適合するグリースの品質規格が望まれていた。

このような背景から，（一社）日本建設機械施工協会（当時，㈳日本建設機械化協会）は，日本で設計・開発された建設機械により適合し，使用時の不具合リスク低減につながるグリースの品質規格として，建設機械用グリース「JCMAS GK･GKB」を 2004 年に制定した[2)]。

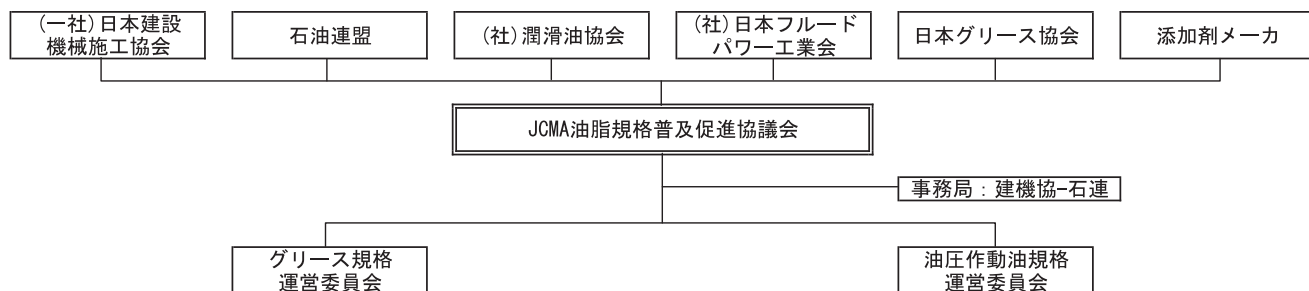
なお，GK は一般グリース規格，GKB は生分解性グリース規格である。

2. 運用組織

本規格のオンファイル運用にあたり，石油連盟，（一社）日本建設機械施工協会，㈳日本フルードパワー工業会，㈳潤滑油協会の 4 団体，及びその他の関連企業（添加剤メーカ）で構成されていた「JCMA 油脂規格普及促進協議会」に，日本グリース協会も加わった構成となった。また本協議会の下に，グリース規格運営委員会を設定した（**図— 1**）。

3. オンファイルシステムの運用

今般のオンファイルシステムは，建設機械用グリースの製造会社や販売会社が自主的に性能試験を行い，規定の要求性能を満たしていることを自らの判断と責任において表示するシステムである。協議会は関係者に対して「JCMAS 建設機械用グリース規格（JCMAS GK･GKB）の運用マニュアル」に従い，JCMA 規格を適正に利用するように働きかける。

なお，建設機械用グリース規格「JCMAS GK･GKB」を利用する建設機械用グリースの販売会社がグリース缶等に性能分類を表示する場合には，協議会に性能試験結果や代表性状，表示内容等を届出るよう協力を求め，これらを整理保管（オンファイル）し，JCMA 規格の適正な運用・普及を図るための基礎資料として活用することとした。また，ユーザーの混乱を避けるため性能分類表示の様式を定め，これに従って表示するよう働きかけることとした。

図— 1　建設機械用グリース規格運営組織図

4. JCMAS グリース規格

建設機械用グリース規格には建設機械用一般グリースJCMAS GKと，建設機械用生分解性グリースJCMAS GKBの2種類が規定されている。**表─1**にその種類を示す。

一般グリース（GK）と生分解性グリース（GKB）の要求性能と規格値を**表─2**及び**表─4**に，シール材質物性表を**表─3**に示す。また，環境に関する基準は，㈶日本環境協会エコマーク事務局が定めたエコマーク商品類型No.110「生分解性潤滑油」[3]に規定されている生分解度と魚類急性毒性の規定とした（**表─5**）。

表─1　建設機械用グリースの種類

種類		使用温度範囲	使用条件に対する適否		適用例
用途別	ちょう度番号	℃	水との接触	生分解性	
一般グリース（GK）	1号	− 20 〜 + 130	適	無	建設機械
	2号	− 20 〜 + 130	適	無	
生分解性グリース（GKB）	2号	− 20 〜 + 130	適	有	環境保護を必要とする場所で使う建設機械

表─2　JCMAS P040 建設機械用一般グリース（GK）の性能基準

項目			性能基準	
			ちょう度番号1号	ちょう度番号2号
適用温度範囲		℃	− 20 〜 + 130	− 20 〜 + 130
増ちょう剤			報告[1]	報告[1]
混和ちょう度	25℃ 60回混和		310 〜 340	265 〜 295
不混和ちょう度			報告[1]	報告[1]
見かけ粘度	− 10℃ , ずり速度 10 sec^{-1}	Pa･s	250以下	500以下
基油動粘度	40℃	mm^2/s	報告[1]	報告[1]
耐熱性				
滴点		℃	170以上	170以上
離油度	100℃，24h	質量%	10以下	5以下
蒸発量	99℃，22h	質量%	2.0以下	2.0以下
防錆性				
湿潤	14日		A級	A級
銅板腐食	100℃，24h		銅板に緑色又は黒色変化がないこと	
極圧性／耐摩耗性				
四球式耐荷重能	融着荷重	N	1961以上	1961以上
四球式耐摩耗	摩耗痕径	mm	0.7以下	0.7以下
機械的安定性				
混和安定度	10万回		400以下	375以下
耐水性				
水洗耐水度	38℃，1h	質量%	10以下	10以下
酸化安定性				
酸化安定度	99℃，100h	KPa	80以下	80以下
シール材浸せき試験	100℃，72h			
NBR（ニトリルゴム）	硬さ変化		− 30以上	− 30以上
	引張強さ変化率	%	− 70以上	− 70以上
	伸び変化率	%	− 80以上	− 80以上
	体積変化率	%	0 〜 40	0 〜 40
AU（ウレタン）	硬さ変化		− 5 〜 + 5	− 5 〜 + 5
	引張強さ変化率	%	− 70以上	− 70以上
	伸び変化率	%	− 60以上	− 60以上
	体積変化率	%	− 5 〜 + 15	− 5 〜 + 15

注[1]　試験結果を提示すること

備考 1. シール材浸せき試験の硬さ変化の硬度計は，Aタイプを使用する

2. シール材浸せき試験のNBRは，ISO 13226による低ニトリルゴム材のSRE-NBR/Lとする

3. シール材浸せき試験のAUは，**表─3**に示すものとする

表―3 シール材質物性表

		単位	AU
規格値	硬さ	デュロメータ A	88 ～ 98
	引張強さ	MPa	29.4 以上
	伸び	%	300 以上

表―4 JCMAS P040 建設機械用生分解性グリース（GKB）の性能基準

試験項目			性能基準 ちょう度番号 2 号
適用温度範囲		℃	− 20 ～＋ 130
増ちょう剤			報告[1]
混和ちょう度	25℃ 60 回混和		265 ～ 295
不混和ちょう度			報告[1]
見かけ粘度	− 10℃，ずり速度 10 sec^{-1}	Pa･s	500 以下
基油動粘度	40℃	mm^2/s	報告[1]
耐熱性			
滴点		℃	170 以上
離油度	100℃，24h	質量%	5 以下
蒸発量	99℃，22h	質量%	2.0 以下
防錆性			
湿潤	14 日		A 級
銅板腐食	100℃，24h		銅板に緑色又は黒色変化がないこと
極圧性／耐摩耗性			
四球式耐荷重能	融着荷重	N	981 以上
四球式耐摩耗	摩耗痕径	mm	0.7 以下
機械的安定性			
混和安定度	10 万回		375 以下
耐水性			
水洗耐水度	38℃，1h	質量%	10 以下
酸化安定性			
酸化安定度	99℃，100h	KPa	80 以下
シール材浸せき試験	100℃，72h		
NBR（ニトリルゴム）	硬さ変化		報告[1]
	引張強さ変化率	%	報告[1]
	伸び変化率	%	報告[1]
	体積変化率	%	報告[1]
AU（ウレタン）	硬さ変化		報告[1]
	引張強さ変化率	%	報告[1]
	伸び変化率	%	報告[1]
	体積変化率	%	報告[1]
環境に関する基準			
生分解度	28 日	%	エコマーク基準[2]
魚類急性毒性	96h LC_{50} 値	mg/L	エコマーク基準[2]

注[1] 試験結果を提示すること
注[2] ㈶日本環境協会エコマーク事務局が定めたエコマーク商品類型 No.110「生分解性潤滑油」の 4-1 の規定
備考 1. シール材浸せき試験の硬さ変化の硬度計は，A タイプを使用する
2. シール材浸せき試験の NBR は，ISO 13226 による低ニトリルゴム材の SRE-NBR/L とする
3. シール材浸せき試験の AU は，**表―3** に示すものとする

表―5 環境に関する基準

項目	試験方法（いずれかで測定）	基準
生分解度	OECD 301B	生分解度が 28 日以内で 60%以上 ただし 10-d window を適用しない
	OECD 301C	
	OECD 301F	
	ASTM D5864	
	ASTM D6731	
魚類急性毒性	OECD 203	96 時間 LC_{50} 値が 100 mg ／リットル以上
	JIS K0102	
	JIS K0420-71 シリーズ（10，20，30）	

5. オンファイル開始

本オンファイルシステムの届出の受理，オンファイル業務は㈳潤滑油協会に委託し，平成 24 年（2012 年）4 月 1 日から受付を開始，平成 24 年（2012 年）10 月 1 日からグリース缶等への性能表示を開始する予定である。

また「JCMAS 建設機械用グリース規格の運用マニュアル」は，平成 24 年（2012 年）4 月 1 日に開設を予定されている GK･GKB に関するホームページ（http://www.jalos.or.jp/jcmaonfile/）よりダウンロード可能となる。

J C M A

《参 考 文 献》

1）JIS K 2220：グリース，2003
2）JCMAS P 040:2004：建設機械用グリース，2004
3）エコマーク商品認定基準，エコマーク商品類型 No.110「生分解性潤滑油」，2011

[筆者紹介]
飯島　浩二（いいじま　こうじ）
コマツ
プロダクトサポート本部　サービス企画部

新工法紹介　機関誌編集委員会

04-326	トンネル坑内粉じん低減工法 「トラベルクリーンカーテン」	大林組

▶ 概　　要

山岳トンネル工事においてトンネル先端である切羽では，発破や機械による掘削，掘削土砂の積込，コンクリートの吹付け，それらを行う工事機械の排煙により多様な粉じんが発生する。粉じんは，現場で従事する人々にとって肺機能の低下を招くじん肺の要因として大変深刻な問題であり，厚生労働省は『ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン』（平成20年3月改定）で「切羽後方50 mで粉じん濃度目標レベルを3 mg/m^{3}以下」と定めている。

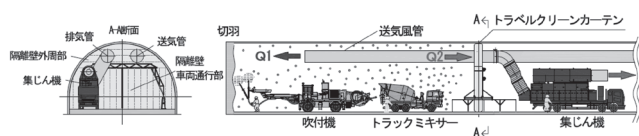
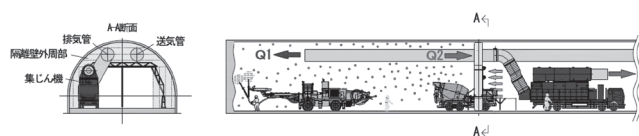
従来，粉じん対策として，切羽付近に外気を送風・換気することによって粉じん濃度を希釈して低減する方法がとられてきた。しかし，近年のトンネル断面の大径化，工事機械の大型化に伴い，切羽付近で発生する粉じんは増加傾向にあるため，希釈に加え集じん機を併用することとなり，換気設備の大型化，それに伴う換気コストの増大や移動・設置の煩雑化が課題となっている。

今回開発した「トラベルクリーンカーテン」（以下TCC）は，隔離壁開口部と送排気量による圧力差を利用したトンネル坑内粉じん低減工法で，坑内粉じん濃度を大幅に低減することが可能である。

▶ 特　　徴

①「切羽後方50 mでの粉じん濃度を0.1 mg/m^3」まで低減することが可能

TCCの粉じん低減効果を㈱土木研究所内の模擬トンネルにおいて検証した結果，粉じん濃度はTCC後方で，前述したガイドラインの目標レベルの1/30である「切羽後方50 mで粉じん濃度を0.1 mg/m^3」まで低減させることができ，その高い効果を確認している。

②開閉可能な隔離壁，及び隔離壁外周部はバルーン構造とし，

図―1　隔離壁車両通行部 閉 の場合　Q1 ＝ Q2

図―2　隔離壁車両通行部 開 の場合　Q1 < Q2

写真―1　トラベルクリーンカーテン設置状況

状況に応じた送排気制御を実現

TCCは，開閉可能な隔離壁と集じん機および送気ファンから構成される。

掘削時やコンクリート吹付時など，切羽付近で大量に粉じんが発生する時は，隔離壁車両通行部を閉じて粉じんを切羽～TCC付近に封じ込め，送気にて十分に希釈して確実に処理できる（**図―1**）。ズリ出し作業など車両通行が必要なときは，隔離壁車両通行部を開くことにより，集じん機による排気量Q2と送気ファンによる送気量Q1に開口部で圧力差を付け，TCC後方で切羽方向への気流を発生させることで粉じんの坑口への漏れを抑制する（**図―2**）。

隔離壁外周部には，凹凸のあるトンネル壁面への密着性に優れているバルーン構造を採用することで，外周部からの漏れを防ぎ，粉じんの封じ込め性･拡散抑制効果を高めた結果，0.1 mg/m^{3}という高い粉じん低減効果の実現が可能となった。

③粉じん処理時間の約25％短縮と電気使用量の約25％削減が可能（従来機比）

発生粉じんを封じ込め，効率良く集じんすることができるため粉じん処理時間を約25％短縮，同時に電気使用量を約25％削減できる（従来機比）。

④移動・再設置は容易で短時間（30分）の移動が可能

TCCの移動はレール方式を採用し，狭いトンネル坑内の移動をスムーズかつ精度高く行えるようにした。また，移動にかかる時間は30分程度で完了するためトンネル掘削サイクル内で行うことができ，切羽進行に追随する移動が可能である。

▶ 用　　途

山岳トンネル工事における，新たな換気方式

▶ 実　　績

H22.12月 ㈱土木研究所を借用し，実証実験

H23.12月 国土交通省九州地方整備局 津奈木トンネル（仮称）

▶ 問 合 せ 先

㈱大林組　機械部　技術第二課

〒108-8502　東京都港区港南2-15-2 品川シンターシティB棟

Tel：03-5769-1462

06-10	舗装構造調査機 DANMEN わか～る	東亜道路工業 東亜利根ボーリング

▶概　　要

舗装構成（舗装厚・構成材料）の調査は開削調査によるものが一般的である。開削調査は舗装版を切断し，人力もしくはミニショベル等を用いて掘削を行い，舗装構成を確認する。その後，埋戻し及び舗装版復旧をするため，時間と労力を要する作業である。

今回開発した「DANMEN わか～る」はボーリング調査技術を応用したものであり，直径約 70 mm 程度の削孔径で深さ約 1 m までの試料を採取し，舗装構成を確認することができる。特殊カッターや，特殊削孔液等を用いることで，今まで困難であった路盤や路床も採取可能である。

FWD（重錘落下式たわみ測定装置）と併用することで，より正確な舗装構造評価を迅速に行うことが期待できる。

写真―1　DANMEN わか～るによる調査状況

▶特　　徴

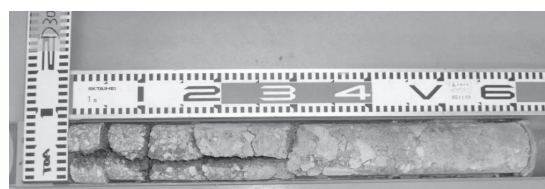
「DANMEN わか～る」は以下の特徴を有している。

・調査に要する資機材はトラック 1 台に全て積載可能
・本体は台車に搭載しており，現場内の移動が速やか
・特殊削孔液により試料を安定させながら削孔するため，路盤や路床もほとんど乱さず採取可能
・試料は 2 重構造の管の中で収納チューブに格納され，試料の損壊を防ぐ
・一人でも作業が可能
・1 箇所あたりの採取時間は 30 ～ 40 分であり，従来の開削調査よりも時間を短縮
・調査箇所の事前の舗装切断は不要
・削孔径は ϕ70 mm であり，埋戻しや復旧作業が容易

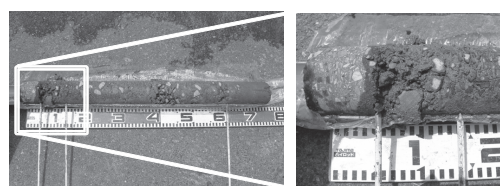
▶用　　途

「DANMEN わか～る」は舗装断面を極力損壊することなく採取することができるので，舗装構成の確認以外にも以下のような用途に使用できる。

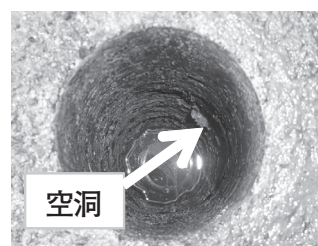
・舗装のひび割れ深さの確認

舗装断面を損壊することなく採取できるので，ひび割れの進行状況が確認できる。

写真―2　ひび割れした試料

・液状化の確認

東日本大震災の災害調査業務では，路盤材に路床土と思われる細粒分が混入した試料が採取され，路面に現れない液状化現象が確認された。今後は，液状化の実態把握調査へのさらなる活用が期待される。

写真―3　液状化箇所の採取試料

・路面下空洞の確認

路面下に空洞のある箇所では，空洞を確認することができたことから，地中探査レーダとの併用により，精度の高い路面下空洞調査が期待される。

写真―4　路面下の空洞調査

▶実　　績

・東日本大震災の災害調査
・県道舗装断面調査
・貨物鉄道駅コンテナホーム舗装断面調査　　等

▶問 合 せ 先

東亜道路工業㈱ 技術部
〒 106-0032　東京都港区六本木 7-3-7
TEL：03-3405-1810　E-mail：gijyutu@toadoro.co.jp

新工法紹介

11-104	音カメラ KYORImo（キョリモ）	熊谷組

▶ 概　　要

これまでのシステムは，音源探査装置『音カメラ[注1]』として，パソコンのディスプレイ上で音の発生方向，大きさ（音圧レベル：dB），音の高低（周波数：Hz）を映像表示するものとして活用されてきた。しかし，2つ以上の音の発生方向が同じ場合には測定結果が画面上で重なることから発生源の特定をするために複数の場所から測定を行わなければならなかった。音カメラ KYORImo（キョリモ）では，マイクロフォン群2組を用い，ひとつの場所で得られたデータから音源までの水平投影距離をリアルタイムで表示することが可能になった。（特許出願中）

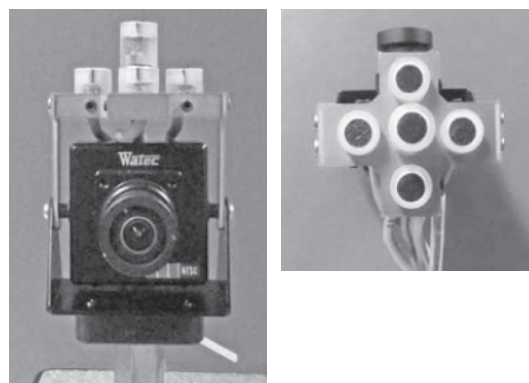
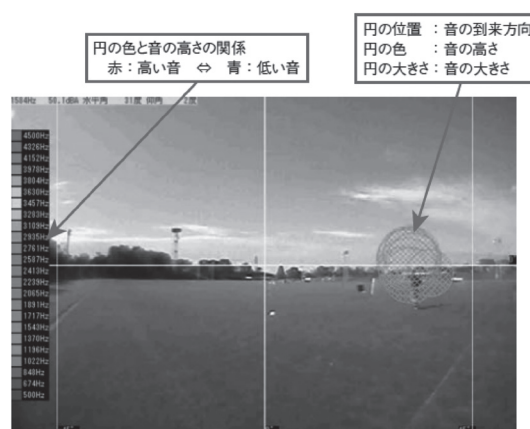
▶ 特　　徴

・これまでの音カメラの機能である音の方向，音圧レベル，周波数の表示に加えて測点から音源までの距離を表示
・音の「見える化」情報をリアルタイムに表示しながら記録
・160 Hz ～ 7,600 Hz の周波数範囲で測定が可能（人の耳が良く聞こえる範囲を広くカバー）
・システム装置が小型化し移動設置が容易

注1：2001年6月に，中部電力㈱，㈱熊谷組，信州大学と共同で開発して以降，改良を重ねて2007年3月にリアルタイム音カメラとしてバージョンアップ発表している。

▶ 実　　績

建設工事の他，テレビの教養番組で騒音の解析手法として採用，紹介されている。

写真―1　システム装置全体

写真―2　マイクロフォン群（左：正面，右：上面）

音カメラKYORImoによる測定結果：前方（約10m）と後方（約40m）より周波数の異なる音が発生している事がわかります。

写真―3　測定結果の画面表示（上：音カメラ，下：KYORImo）

▶ 問 合 せ 先

㈱熊谷組　技術研究所　音環境研究グループ
〒162-8557　東京都新宿区津久戸町 2-1
TEL：03-3235-8724　FAX：03-3235-9215

新機種紹介　機関誌編集委員会

▶〈06〉基礎工事機械

11-〈06〉-01	技研製作所 油圧式杭圧入引抜機　サイレントパイラー SCU-ECO600S	'11.09 発売 新機種

サイレントパイラー SCU-ECO600S は，砂礫・玉石層や転石・岩盤層などの硬質地盤をはじめ，様々な地盤条件と施工条件に応じて一台の機体で「硬質地盤圧入」「ウォータージェット併用圧入」「単独圧入」の 3 種類の圧入工法を選択できる「複合式圧入機（国土交通省新技術情報提供システム NETIS 登録番号：CB-080010-A）」の新機種である。

先行発売の複合式圧入機 ECO400S が U 形鋼矢板 400 mm 幅に適合しているのに対し，ECO600S は，U 形鋼矢板 500 mm および 600 mm 幅に対応している。

環境面では，万一流出しても自然分解する生分解性油脂の採用や，オフロード法に適合した排出ガスのクリーン化，国土交通省が定める超低騒音基準値のクリアなどの環境に配慮した設計を導入した。また，既設杭上を作業軌道とする「GRB システム」を併用することで，杭の搬送から圧入までの全作業を杭上のみで行い，水上・傾斜地・不整地においても仮桟橋などの仮設の設置が不要となる。

施工中の圧入力や圧入スピードなどの圧入情報をリアルタイムに計測表示する「圧入管理システム」を搭載可能で，数値管理による圧入施工を実践できる。また，機械情報を遠隔管理する「GIKEN IT システム」を用いることで，圧入機の圧入情報・メンテナンス情報・位置情報などを，現場事務所や車両等にてタイムリーに把握できるため，トラブル時の的確な対処や，収集情報のフィードバックによる機械の管理が行える。

表—1　SCU-ECO600S の主な仕様

圧入機本体			
	単独圧入	WJ 併用圧入	硬質地盤圧入
最大圧入力／引抜力 (kN)	980/1,100	980/1,100	780/980
圧入／引抜スピード (m/min)	2.2 ～ 39.0/1.5 ～ 32.3		
ストローク (m)	1.0		
適用杭材	広幅型鋼矢板 $\mathrm{II_w}$ ～ $\mathrm{IV_w}$ 型，鋼矢板 VL VIL 型		
適用杭長 (m)	制限なし	最長 27	最長 30
質量 (t)	9.90	10.68	13.90
全長×全幅×全高（運搬時）(m)	2.795 × 1.24 × 2.79	2.935 × 1.24 × 2.83	4.225 × 1.24 × 2.79
パイルオーガ（30m 仕様時）			
質量 (t)	–	–	14.40
全長×全幅×全高 (m)	–	–	39.2 × 1.47 × 0.74
パワーユニット			
定格出力 (kW(PS)/min^{-1})	パワーモード　230（313）/1,800 エコモード　204（277）/1,600		
質量 (t)	8.30		
全長×全幅×全高（運搬時）(m)	4.715 × 2.075 × 2.35		
反力架台			
質量 (t)	2.00		
全長×全幅×全高（運搬時）(m)	3.38 × 2.12 × 0.52		
全体仕様			
総質量 (t)	20.20	20.98	38.60
価格 (百万円)	195.3		

（注）「WJ 併用圧入」は「ウォータージェット併用圧入」を示す

写真—1　技研製作所　SCU-ECO600S　油圧式杭圧入引抜機

問合せ先：技研製作所
情報企画部　情報企画課
〒 135-0063　東京都江東区有明 1-3-28

▶〈18〉原動機および発電・変電設備等

11-〈18〉-02	フジタ LED 照明 SOLEC-FL160，FL-80	'11.09 発売 新機種

省エネルギー・高寿命な照明として近年注目されている LED を適用した高効率照明装置である。

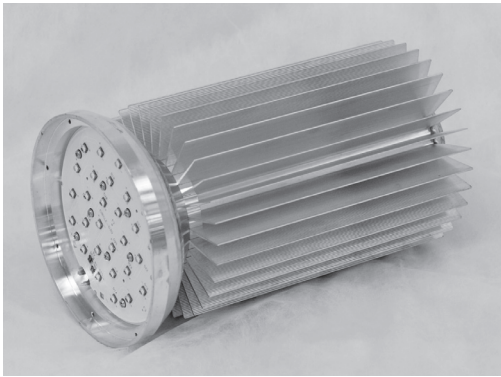
これまで，LED は発光時に自ら発生する熱によって，効率，寿命が大きく変化する問題点を有していたが，本製品では，LED から放熱部へ効率的に熱を伝達する構造（特許出願済）を採用することにより，従来困難であった自然空冷による LED 実装面の 80℃以下の点灯を可能（室温 25℃）にし，電源を含む総合効率で 100 ルーメン／ W を実現した。

筐体本体は接合部を持たないアルミニウム一体型の溶接構造であり，空冷ファンなどを必要としないため，堅牢且つ軽量になっている。

また，直接水洗いも可能なことから，屋外，屋内を問わず建設作業所での利用に適応している。使用用途に応じて，ラージタイプ（SOLEC-FL160）とスモールタイプ（SOLEC-FL80）の 2 機種をそ

新機種紹介

表―2 SOLEC-FL160, -FL80 の主な仕様

モジュールタイプ	SOLEC-FL160 (ラージタイプ)	SOLEC-FL80 (スモールタイプ)
使用 LED	CREE 社 XM-L 30 個	CREE 社 XM-L 15 個
入力電圧	90-305VAC, 127-431VDC	90-305VAC, 127-431VDC
電源周波数	50 Hz-60 Hz	50 Hz-60 Hz
総消費電力	142 W	71 W
LED 消費電力	134 W	67 W
総光束	14,500 ルーメン(気温 25℃)	7,200 ルーメン(気温 25℃)
外形寸法	φ160 × 267 mm(本体) 228 × 68 × 39 mm(電源)	φ110 × 187 mm(本体) 196 × 62 × 39 mm(電源)
重量	2.2 kg(本体), 1.15 kg(電源)	0.9 kg(本体), 0.84 kg(電源)
設計寿命	40,000 時間(省電力モード)	40,000 時間(省電力モード)
製品保証	3 年	3 年
配光角度	120 度	120 度
定価(税別)	168,000 円	118,000 円

写真―2 フジタ SOLEC-FL160 LED 照明

ろえている。ラージタイプでは明るさが同等程度の水銀灯 400W クラスと比較して消費電力を約 40%削減することができる。

本製品は,SOLECO ㈱および高環境エンジニアリング㈱との共同開発品である。

問合せ先:㈱フジタ 技術センター
〒 243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1

▶〈19〉建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

11-〈19〉-05	やまびこ ディーゼルエンジン溶接機 DGW400DMC-W	'11.07 発売 新機種

国土交通省第 3 次排出ガス規制に適合した 400 アンペアクラスのエンジン溶接機である。河川や土壌へのオイル漏れを防止するオイルガードが標準装備されており,環境汚染防止に配慮している。

一人溶接時では最大 400 アンペア(60 Hz),二人同時溶接時では最大溶接出力最大 210 アンペア(60 Hz)を発揮し,4.0 mm 溶接棒での安定した溶接性を確保している。

また,発電機として使用する際の最大出力は三相 200/220 V で 12/15 kVA,単相 100/110 V で 9.0/9.9 kVA となっている。

公共工事等における新技術活用システム(NETIS)にも登録されている。(NETIS 登録番号:CG-110023-A)

表―3 DGW400DMC-W の主な仕様

項目	単位	仕様
周波数	(Hz)	50/60
一人溶接時:定格出力電流	(A)	使用率 60%:DC370/390 使用率 100%:DC330/340
二人溶接時:定格出力電流	(A)	使用率 100%:DC180/200
交流電源	(V)	単相 100/110, 三相 200/220
定格発電出力	(kVA)	9.0/9.9, 12.0/15.0
定格エンジン出力	(kW)	15/17.6
定格エンジン回転数	(min^{-1})	3,000/3,600
連続運転時間	(時間)	溶接使用率 60%時:11/10 発電時:10/8
外形寸法	(mm)	L1410 × W635 × H890
質量	(kg)	396
価格	(百万円)	2.5725

写真―3 やまびこ DGW400DMC-W ディーゼルエンジン溶接機

問合せ先:㈱やまびこ
営業本部 産業機械課
〒 198-8760 東京都青梅市末広町 1-7-2

平成 23 年度建設投資見通しの概要（改訂版）

1. はじめに

国土交通省発表の平成 23 年度建設投資見通しは平成 23 年 8 月号で紹介しているが，その後数次にわたり東日本大震災からの復興等に向けた財政上の措置（第 1 次～第 4 次補正予算）が採られたことによって，建設投資において，その増加が見込まれることにより平成 23 年 12 月 21 日に改訂版が発表されている。

今回は発表資料から主な内容を報告する。

2. 建設投資の動向と見通し

(1) 建設投資見通しの概要

平成 23 年度の建設投資は，46 兆 4,700 億円となる見通しである。

①平成 23 年度の建設投資は，政府投資が 20 兆 8,500 億円（前年度比 25.8%増），民間投資が 25 兆 6,200 億円（前年度比 4.4%増）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると，建築投資が 24 兆 5,600 億円（前年度比 10.3%増），土木投資が 21 兆 9,100 億円（前年度比 16.2%増）となる見通しである。

表― 1　平成 23 年度建設投資（名目値）

（単位：億円，%）

項目＼年度	投資額			対前年度伸び率		
	22 年度見込み	23 年度見通し		22 年度	23 年度	
		6 月公表値	今回公表値		6 月公表値	今回公表値
総計	411,300	432,200	464,700	▲ 3.0	5.1	13.0
		(24,100)	(48,700)			
建築	222,700	234,300	245,600	▲ 1.9	5.2	10.3
		(9,200)	(17,400)			
住宅	129,100	138,400	139,900	▲ 3.7	7.2	8.4
		(5,600)	(5,600)			
住宅 政府	4,800	10,100	10,100	▲ 14.3	110.4	110.4
		(5,600)	(5,600)			
住宅 民間	124,300	128,300	129,800	▲ 3.2	3.2	4.4
非住宅	93,600	95,900	105,700	0.8	2.5	12.9
		(3,600)	(11,800)			
非住宅 政府	17,400	17,300	25,600	5.5	▲ 0.6	47.1
		(3,600)	(11,800)			
非住宅 民間	76,200	78,600	80,100	▲ 0.3	3.1	5.1
土木	188,600	197,900	219,100	▲ 4.3	4.9	16.2
		(14,900)	(31,300)			
政府	143,600	152,200	172,800	▲ 5.3	6.0	20.3
		(14,900)	(31,300)			
公共事業	126,800	135,200	155,800	▲ 5.3	6.6	22.9
		(14,900)	(31,300)			
その他	16,800	17,000	17,000	▲ 5.1	1.2	1.2
民間	45,000	45,700	46,300	▲ 1.1	1.6	2.9
再掲 政府	165,800	179,600	208,500	▲ 4.5	8.3	25.8
		(24,100)	(48,700)			
再掲 民間	245,500	252,600	256,200	▲ 1.9	2.9	4.4
（再掲）民間非住宅建設	121,200	124,300	126,400	▲ 0.6	2.6	4.3

民間非住宅建設＝民間非住宅建築投資＋民間土木投資

*　下段（　）の金額は，東日本大震災の復旧・復興等に係る見通し額の内数であり平成 22 年度分は含まない。

**　政府住宅には応急仮設住宅の投資額として 4,100 億円が含まれている。

***　投資額「23 年度見通し（今回公表値）」及び，対前年度伸び率「23 年度（今回公表値）」については，予算額ベースとしている。

統　計

②平成８年度に82兆8,000億円であった建設投資は，その後減少傾向をたどり平成20年度には48兆1,500億円となった。最近では，平成21年度に大幅に減少したが，平成23年度は数次にわたる東日本大震災からの復旧・復興等に向けた財政上の措置が講じられたことから，これらが年度内にすべて実施された場合には総額として46兆4,700億円となる見通しである。

(2) 国内総生産及び建設投資の推移（名目値）

国内総生産に占める建設投資の比率は，昭和50年頃は20％以上あったが，その後，減少傾向となった。昭和61年度から平成２年度にかけて一時増加したものの，その後再び減少基調となった。

平成23年度6月時点ではこの比率は8.9％となる見通しであるが，7月以降に数次にわたる東日本大震災からの復旧・復興等に向けた財政上の措置が講じられており，これらが実施された場合の建設投資が国内総生産に占める割合は9.7％となる見通しである。

(3) 政府建設投資の動向

①平成23年度は，数次にわたる東日本大震災からの復旧・復興等に向けた財政上の措置が講じられたことに伴う建設投資の影響により，すべてが実施された場合，前年度比25.8％増加し，20兆8,500億円となる見通しである。

②このうち，建築投資は前年度比60.8％増の3兆5,700億円，その内訳では住宅投資が1兆100億円（前年度比110.4％増），非住宅建築投資が2兆5,600億円（前年度比47.1％増）となる見通しである。

土木投資は前年度比20.3％増の17兆2,800億円，そのうち公共事業が15兆5,800億円（前年度比22.9％増），公共事業以外が1兆7,000億円（前年度比1.2％増）となる見通しである。

③東日本大震災からの復旧・復興等に係る政府の建設投資額については，これまで措置された政府投資を元に推計すると，すべてが実施された場合，4兆8,700億円となる見通しである。

(4) 住宅投資の動向

①民間住宅投資は，前年度比4.4％増の12兆9,800億円となる見通しである。これに政府住宅投資を合わせた平成23年度の住宅投資全体では，前年度比8.4％増の13兆9,900億円となる見通しである。

②12月以降の民間住宅着工は，所得水準の伸び悩み等が懸念されるものの，今後も経済対策の効果等により一定程度の持ち直しが見込まれることから，平成23年度を通してみれば，低水準で推移した一昨年，昨年度をわずかに上回る見通しである。

③なお，平成23年4月から10月における新設住宅着工戸数は，前年同期比4.3％増の50万戸であった。利用関係別に見ると，持家は18.8万戸（前年同期比0.5％増），貸家は17.0万戸（前年同期比0.8％減），給与住宅は0.5万戸（前年同期比17.2％増），分譲住宅は13.7万戸（前年同期比17.6％増）となっている。

3. （特論）東日本大震災からの復旧・復興等に係る建設投資見通しについて

本稿における「東日本大震災からの復旧・復興等に係る建設投資見通しについて」は，本編の推計とは別に，東日本大震災の復旧・復興等に係る建設活動の見通しを把握するため，当該復旧・復興等に係る補正予算等を考慮して建設投資額を推計している。

平成23年6月に公表した「平成23年度 建設投資見通し」では，東日本大震災の復旧等に係る予算状況等を考慮して建設投資額を推計したが，その後，本格的な復興及び全国的な防災対応に向けた追加の財政措置が講じられた事から，建設投資見通しについて更新を行うものである。

(1) 建設投資見通しの推計上の対応

①政府建設投資

東日本大震災からの復旧・復興に係る政府建設投資については，本年6月に公表した『平成23年度 建設投資見通し』において，約2兆4,100億円と推計している。

表―２　政府の建築・土木別，地域別 推計

（単位：億円）

区分			建設投資額	北海道	東　北	関　東	北　陸	中　部	近　畿	中　国	四　国	九州・沖縄
政府	土木		31,300 (14,900)	300 (　0)	19,100 (　9,200)	9,000 (　5,200)	900 (　400)	700 (100)	400 (　0)	200 (　0)	400 (　0)	300 (　0)
政府	建築	住宅	5,600 (　5,600)	0 (　0)	5,600 (　5,600)	0 (　0)	0 (　0)	0 (　0)	0 (　0)	0 (　0)	0 (　0)	0 (　0)
政府	建築	非住宅	11,800 (　3,600)	100 (　0)	5,800 (　2,900)	4,300 (　700)	200 (　0)	200 (　0)	800 (　0)	200 (　0)	100 (　0)	100 (　0)
計			48,700 (24,100)	400 (　0)	30,500 (17,700)	13,300 (　5,900)	1,100 (　400)	900 (100)	1,200 (　0)	400 (　0)	500 (　0)	400 (　0)

＊下段（　）の金額は，『平成23年度 建設投資見通し（平成23年6月）』における公表額。

その後，追加で講じられた予算措置分に対応する政府建設投資は約2兆4,600億円と推計される。

以上より，平成23年度における東日本大震災の復旧・復興に係る政府建設投資の総額は約4兆8,700億円と推計される。

その金額の推移，地域別の内訳及び内容は以下のとおりである。

なお，6月の公表と同様に，用地費・補償費については算入していない。

②民間建設投資

東日本大震災による建物等の被害額が約10兆4,000億円に上るなど（6月24日内閣府試算），甚大なものであったが，その後の復旧・復興等のための民間建設活動は相当程度進行し，今後さらに進展していくことが見込まれる。

今般の見通しにおける民間建設投資は，これらの民間建築物等についての復旧・復興等に向けた建設活動も含めた，全国的な建設投資額について推計を行ったものである。

(2) 東日本大震災の復旧・復興等に係る建設投資が我が国経済に及ぼす影響について

①復旧・復興等に係る建設投資のマクロ経済に及ぼす影響について

政府による震災復旧・復興等に係る建設活動の総額は，4兆8,700億円程度と推計される。これによるマクロ経済に及ぼす影響を推計すると，名目国内総生産を1.22%，実質国内総生産を1.08%引き上げることとなる。

②復旧・復興等に係る建設投資による生産誘発効果について

4兆8,700億円程度の建設事業による経済効果を，建設事業によって誘発される各産業の生産額（生産誘発効果）でみると，全産業では9兆5,500億円程度の生産活動が行われるものと予想される。

これは，全産業の1年間の生産活動（972兆円程度）の約1%程度に相当する。

また，4兆8,700億円の建設事業により，57万人程度の雇用創出効果が見込まれる。

表―3 生産誘発効果

	4兆8,700億円の建設投資が及ぼす影響
名目国内総生産	1.22%引き上げ
実質国内総生産	1.08%引き上げ
生産誘発効果	9兆5,500億円（全生産活動の0.98%）
雇用創出効果	57万人

※名目国内総生産・実質国内総生産：㈶建設経済研究所「建設経済モデル」により推計

※生産誘発効果：国土交通省「平成17年（2005年）建設部門分析用産業連関表」により推計

※雇用創出効果：「平成17年（2005年）産業連関表」により推計

統　計　機関誌編集委員会

建設工事受注動態統計調査（大手 50 社）

（単位：億円）

年　月	総　計	受注者別						工事種類別		未消化工事高	施工高
		民間			官公庁	その他	海外	建築	土木		
		計	製造業	非製造業							
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2011 年 1 月	5,980	4,069	677	3,392	1,242	386	283	4,297	1,683	107,012	6,917
2 月	8,729	5,799	1,224	4,574	2,059	448	424	5,983	2,747	107,291	8,513
3 月	20,085	14,615	2,042	12,573	3,938	570	961	14,998	5,086	114,047	13,188
4 月	5,544	3,850	929	2,921	909	360	426	3,756	1,788	111,759	7,239
5 月	6,232	4,133	1,028	3,105	1,068	319	712	4,041	2,191	111,213	6,754
6 月	8,280	6,194	1,251	4,943	1,471	356	259	5,958	2,322	111,336	10,102
7 月	6,933	5,174	1,303	3,871	1,124	363	273	5,052	1,882	111,681	6,563
8 月	7,585	5,247	1,484	3,764	1,600	338	399	5,300	2,285	111,469	7,730
9 月	11,468	7,561	1,669	5,892	3,420	433	54	7,059	4,409	111,797	11,948
10 月	7,290	4,424	1,079	3,345	2,204	440	222	4,427	2,864	113,424	6,867
11 月	8,124	5,202	1,179	4,023	1,587	431	904	5,811	2,313	113,297	8,208
12 月	10,327	6,989	1,753	5,237	2,184	391	763	7,301	3,026	112,078	11,030
2012 年 1 月	7,449	4,990	933	4,058	1,727	333	399	5,241	2,208	—	—

建設機械受注実績

（単位：億円）

年　月	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	11 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	12 年 1 月
総額	14,749	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	1,159	1,756	1,660	1,590	1,638	1,744	1,662	1,542	1,502	1,802	1,634	1,831	1,641
海外需要	9,530	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	899	1,475	1,274	1,269	1,191	1,238	1,333	1,173	1,145	1,517	1,208	1,441	1,306
海外需要を除く	5,219	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	260	281	386	321	447	506	329	369	357	285	426	390	335

（注）2005 ～ 2007 年は年平均で，2008 年～ 2011 年は四半期ごとの平均値で図示した。
2011 年 1 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

（2012年2月1日～29日）

■ 機械部会

■機械整備技術委員会
月　日：2月2日（木）
出席者：森三朗委員長ほか7名
議　題：①平成23年度活動結果と平成24年度活動計画について　②「整備の基本」のVベルトの項の見直し確認とホームページへの掲載について　③ハイブリッド・電動（バッテリー含む）建機の整備の安全WG　④その他（放射線影響下における建設機械の対応等情報）

■情報化機器技術委員会
月　日：2月3日（金）
出席者：白塚敬三委員長ほか11名
議　題：①「情報化機器レンタル事業の紹介」㈱アクティオ説明　②平成23年度活動結果と平成24年度活動計画について　③11/21開催の土木学会「2011公共調達シンポジウム：ICT関連」の参考情報　④その他

■原動機技術委員会　代表者・環境省打合
月　日：2月6日（月）
出席者：有福孝智委員長ほか7名
議　題：①次期排ガス規制(2014年規制)に向けての業界の状況　②具体的提案に向けての準備作業および日程等について

■コンクリート機械技術委員会
月　日：2月8日（水）
出席者：大村高慶委員長ほか6名
議　題：①平成23年の活動結果と平成24年度の活動計画について　②コンクリート機械の変遷資料のまとめについて　③コンクリート機械の事故事例について　④トラックミキサーの用語と仕様及び安全要求事項ISO NWIPへの提案について　⑤JCMAS T009コンクリートポンプ圧送試験方法についての報告　⑥その他

■機械部会 運営連絡会
月　日：2月10日（金）
出席者：細野純一部会長ほか5名
議　題：①平成23年度の活動結果報告について・C規格原案作成状況と制定完了状況・各技術委員会，分科会の活動結果　②平成24年度の活動計画について・各技術委員会，分科会の活動計画　③2/21開催予定の技術連絡会の議題確認について　④その他

■トラクタ技術委員会
月　日：2月17日（金）
出席者：阿部里視委員長ほか7名
議　題：①平成23年度の活動結果と平成24年度の活動計画について　②各社のトピックス（ヤンマー建機）　③尿素SCR技術指針見直し案に対する意見回答について　④排ガス黒煙測定オパシメータ化について　⑤その他

■機械部会 幹事会
月　日：2月21日（火）
出席者：細野純一部会長ほか20名
議　題：①平成23年度の委員会活動報告について　②平成24年度の委員会活動計画について　③機械部会の平成23年度事業報告と平成24年度事業計画の策定に向けて　④午後13：30～16：30開催の技術連絡会について　⑤その他

■機械部会 技術連絡会
月　日：2月21日（火）
出席者：細野純一部会長ほか17名
議　題：①機械部会の平成23年度事業報告と平成24年度事業計画の策定にあたって　②40 kW以下のミニホイールローダの燃費基準制度化の要否検討結果について　③放射線影響下における建設機械の課題と意見交換について・放射線に関する社内基準の紹介　④路盤舗装機械ホールド・ツー・ラン機構の調査結果について　⑤山岳トンネル施工機械における品質および安全確保技術について　⑥除雪機械のオプション使用法について　⑦その他情報・意見交換

■トンネル機械技術委員会 トンネル機械未来像分科会
月　日：2月22日（水）
出席者：浅野文宏分科会長ほか6名
議　題：①報告書の最終原稿案の目次を基に各自作成したシートの発表　②その他

■油脂技術委員会・油脂規格普及促進協議会運営委員会
月　日：2月24日（金）
出席者：杉山玄六委員長ほか15名
議　題：〈油脂技術委員会〉①今期の活動報告と来期方針説明（各分科会長）②2011年度排気ガス規制対応の燃料エンジンオイルアンケート結果報告　③HK規格の普及促進状況について・各委員会社のオンファイル状況報告・取説記載に関する問題点の共有について　④グリースオンファイルに伴う各種文書に関する読み合わせ・内容に対する合意と議事録作成　〈油脂規格普及促進協議会運営委員会〉①グリースオンファイル化に対する石連殿・潤滑油協会殿との合議と議事録作成

■トンネル機械技術委員会 新技術・施工技術分科会
月　日：2月24日（金）
出席者：椎橋孝一郎分科会長ほか5名
議　題：①前回議事録の確認について　②新技術検索システムの最終版の確認について　③今後の報告書の取り纏めについて　④その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会
月　日：2月27日（月）
出席者：鈴木康雅分科会長ほか7名
議　題：①前回（1/24）打合せに基づく報告書原稿の修正・追加内容の確認　②最終原稿としての全体チェック　③その他

■ 製造業部会

■作業燃費検討WG代表・ミニ油圧ショベルメーカ 国交省への説明検討会議
月　日：2月3日（金）
出席者：田中幹事長ほか8名
議　題：①11/15の国土交通省への報告説明に対する国土交通省からの検討依頼事項についての回答説明　②その他

■製造業部会 小幹事会および安全情報技術総会議対応打合せ
月　日：2月27日（月）
出席者：田中幹事長ほか5名
議　題：①製造業部会平成23年度事業報告と平成24年度事業計画について　②平成24年度の製造業部会組織について　③作業燃費検討WGの活動について　④マテリアルハンドリングWG活動の再開について　⑤平成24年度第1回合同部会（幹事役：製造業部会）の議題について　⑥安全技術情報小会議の進め方について　⑦その他

■ 建設業部会

■三役会
月　日：2月9日（木）
出席者：山﨑忍幹事長ほか3名
議　題：①現場見学会の報告　②今期事業報告・来期事業計画案について　③その他

■三役会
月　日：2月23日（木）
出席者：山﨑忍幹事長ほか4名
議　題：①平成23年度事業報告案，平

成 24 年度事業活動案 検討について
②その他

■レンタル業部会

■コンプライアンス分科会
月　日：2 月 7 日（火）
出席者：高見俊光部会長ほか 10 名
議　題：①放射線影響下における作業への建機貸出等について　②「建設機械等レンタル契約に関する手引き（ガイドライン）」改訂版解説について　③その他

■各種委員会等

■機関誌編集委員会
月　日：2 月 1 日（水）
出席者：田中康順委員長ほか 20 名
議　題：①平成 24 年 5 月号（第 747 号）の計画の審議・検討　②平成 24 年 6 月号（第 748 号）の素案の審議・検討　③平成 24 年 7 月号（第 749 号）の編集方針の審議・検討　④平成 24 年 2 〜 4 月号（第 744 〜 746 号）の進捗状況の報告・確認
■新機種調査分科会
月　日：2 月 22 日（水）
出席者：江本平分科会長ほか 6 名
議　題：①新機種情報の検討・選定

…支部行事一覧…

■北海道支部

■除雪テキスト編集委員会メーカ作業部会
月　日：2 月 7 日（火）
場　所：㈳日本建設機械化協会北海道支部
出席者：福田淳一編集委員ほか 10 名
内　容：①除雪機械技術講習会テキスト編集スケジュールについて　②今後の作業の進め方及び分担について　③その他
■平成 23 年度情報化施工推進検討 WG 第 2 回事務局会議
月　日：2 月 13 日（月）
場　所：㈳日本建設機械化協会北海道支部
出席者：田中勝 WG 座長ほか 9 名
議　題：①平成 23 年度 WG 活動報告について　②平成 24 年度 WG 活動方針について　③平成 24 年度事務局体制について　④その他

■東北支部

■広報部会（EE 東北関係）
月　日：2 月 8 日（水）
場　所：建設産業会館
出席者：東北技術事務所 鹿野安彦副所長ほか 21 名
議　題：① EE 東北 '11 決算報告　② EE 東北 '12 実施方針（案）について　③今後の予定　④その他
■広報部会（EE 東北関係）
月　日：2 月 24 日（金）
場　所：宮城自治労会館
参加者：東北地方整備局 川嶋直樹企画部長ほか 29 名
内　容：① EE 東北 '11 決算報告　② EE 東北 '12 実施方針（案）について　③キャッチコピーの決定「世界が驚く復興目指せ！新技術が築く未来の東北」　④今後の予定　⑤その他

■北陸支部

■ゆきみらい 2012 in 金沢「除雪機械展示会」
日　時：2 月 2 日（木）〜 2 月 3 日（金）
場　所：金沢市城北市民運動公園駐車場
出展会社：岩崎工業㈱ほか 9 機関
参加者：1,200 名
■広報委員会
月　日：2 月 16 日（木）
場　所：新潟県建設会館
出席者：上杉修二広報委員長ほか 10 名
議　題：支部機関誌「あかしや通信 No. 33」の編集について
■企画部会正副委員長会議
月　日：2 月 27 日（月）
場　所：北陸支部事務局
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか 6 名
議　題：平成 24 年度事業計画及び支部懸案事項について

■中部支部

■「建設技術フェア 2011 in 中部」事務局長会議
月　日：2 月 8 日（水）
出席者：五嶋政美事務局長
議　題：①実施報告について　②次回建設技術フェアの開催に向けて
■調査部会
月　日：2 月 13 日（月）
出席者：杉山稔調査部会長ほか 9 名
議　題：平成 24 年度事業計画について
■広報部会
月　日：2 月 24 日（金）
出席者：高木理仁広報部会長ほか 6 名
議　題：平成 24 年度事業計画について
■建設 ICT 導入普及研究会総会（第 2 回）出席
月　日：2 月 27 日（月）
出席者：安江規尉運営委員（本部の代理）
議　題：中部地整における建設 ICT 導入普及の取組等

■関西支部

■平成 23 年度 施工技術報告会
月　日：2 月 3 日（金）
場　所：建設交流館 8F グリーンホール
参加者：111 名
内　容：①密集市街地を貫く開削トンネルの建設―阪神高速神戸山手線（南伸部）―　②多岐に渡る施工環境・条件で成し遂げた複線化― JR 嵯峨野線複線化工事―　③床版と主桁の一部を同時に撤去する床版取替工事―西名阪自動車道御幸大橋（下り線）床版取替第Ⅱ期工事―　④ダム湖内における地すべり対策工事の施工―大滝地区地すべり対策工事―　⑤ CSM 工法による土留壁の構築―阪神高速道路正蓮寺川東開削トンネル工事―
■建設用電気設備特別専門委員会（第384回）
月　日：2 月 16 日（木）
場　所：中央電気倶楽部 315 号会議室
議　題：①前回議事録確認　②「JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守チェックリスト」の審議　③その他
■建設業部会リース・レンタル業部会 合同討論会
月　日：2 月 24 日（金）
場　所：ドーンセンター セミナー室
出席者：中山金光建設業部会長，伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか 30 名
内　容：「台風 12 号における近畿地方整備局の災害復旧支援活動について」…近畿地方整備局 企画部 施工企画課長 加藤義紀氏，「U 桁リフティング架設工法について（第二京阪道路 茄子作地区 PC 上部工事）」…三井住友建設㈱ 土木部技術グループ長 室田敬氏，「東日本大震災におけるアクティオの対応」（水没発電機の緊急整備，電力不足の対応，復興支援に対する協力）…㈱アクティオ 本社 技術部 副部長 石田一氏

■ 中 国 支 部

■第3回開発普及部会
月 日：2月2日（木）
場 所：中国支部事務所
出席者：阿土繕部会長ほか6名
議 題：①「建設技術フォーラム」への参加結果と今後の体制について ②平成24年度事業計画（案）の策定について ③その他懸案事項

■平成23年度情報化施工現場研修会
月 日：2月8日（水）
場 所：山口会場（山口市徳地）
参加者：37名
研修内容：〈座学〉①情報化施工に関する最近の状況…国土交通省中国地方整備局企画部機械施工管理官 藤山利人氏 ② TSを用いた出来形管理技術の概要と内業 〈実習〉① TSを用いた出来形管理技術の外業

■監査法人による会計監査
月 日：2月16日（木）
場 所：中国支部事務所
出席者：八重洲監査法人公認会計士 高城伸一ほか1名・本部経理部 森園課長・中国支部 清水事務局長ほか1名
内 容：①概況ヒヤリング（組織体制，収支状況，会員の状況等） ②預貯金関係，収益関係，会員の管理状況関係，経費関係等の検討他

■第6回編集委員会
月 日：2月24日（金）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：小石川武則広報部会長ほか5名
議 題：① CMnavi 特集号の構成（案）の確認・修正について ②編集作業分担・作業内容の確認等について ③その他懸案事項

■ 四 国 支 部

■四国建設広報協議会に出席
月 日：2月9日（木）
場 所：サンポート高松合同庁舎
出席者：須田道夫事務局長
議 題：①規約の一部改正について ②平成23年度協議会役員について ③平成24年度「建設フェア」開催要領について

■バックホウ遠隔運転講習会の開催
月 日：2月21日（火）～23日（木）
場 所：四国技術事務所屋外試験所
受講者：14名
内 容：四国技術事務所と共同で，目視によるバックホウ遠隔運転実技講習を実施

■排ガス規制＆情報化施工に関する講習会の開催
月 日：2月27日（月）
場 所：香川県土木建設会館
受講者：90名
内 容：①情報化施工の実施状況と効果，今後の展望…（講師）四国地方整備局 企画部施工企画課 課長補佐 古澤弘行氏 ②情報化施工の準備と活用事例 …（講師）㈱建設システム セールスインストラクター 高木啓氏 ③建設機械の環境対策に関する現状とこれからの取り組み…（講師）四国地方整備局 企画部施工企画課 施工係長 竹内伸一氏

■ 九 州 支 部

■企画委員会
月 日：2月22日（水）
出席者：久保田正春整備部会長ほか5名
議 題：①平成24災害協定体制表の見直し調査について ②平成24建設機械化功労者表彰について ③支部規程・功労者表彰規程の見直しについて ④本部理事会提出資料について

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

―一般社団法人 日本建設機械施工協会 機関誌編集委員会事務局―

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので，ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後，毎月特集号を編成しています。建設ロボット，建設IT，各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工，安全対策，災害･復旧，環境対策，レンタル業，リニューアル・リユース，海外建設機械施工，などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させようと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが，更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

(1) 投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが，本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見，感想など）の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラクトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

(2) 詳 細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール，電話でご連絡願います。また，JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ，原稿の書き方等，投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

一般社団法人 日本建設機械施工協会
機関誌編集委員会事務局
Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,
e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

寒さと降雪で厳しかった日々も過ぎ去り，心地よい季節となりました。東北地方も震災後初めての冬を乗り越えられました。新聞やテレビで拝見する以上にご苦労されたことと思います。瓦礫処理や除染が本格的になりつつあり，その後復興へと向かっていくものと思われます。計画的避難区域等の地元の方々が一日も早く帰還できるよう我々も一翼を担う所存であります。

4月号はエネルギー特集でしたが，今回原稿をお願いするに当り色々なことを知ることが出来ました。また，政府がエネルギーに関し先々を見据えてかなり多くの研究開発に取り組んでいることに驚きさえ覚えました。一例を申し上げますと，環境省，経済産業省等から独立行政法人等に依頼し，そこから財団法人，各種学会，研究機関，各種企業，大学等へテーマを絞って技術開発の公募を行い，その中から優秀技術を採択し予算をつけて具体的な開発に進んで行くというものです。特に新エネルギー，再生可能エネルギーに関して多くの課題を設定し広く窓口を開き，日本の技術を総結集している姿が窺えました。

日頃のテレビの報道番組等は政治に対して聴衆受けを狙い批判的な内容が多く，我々はその通りの印象を多少なりとも抱いてしまっている感がありますが，今回はそれを見直すよい機会となりました。希望の有る技術開発が着々と進んでいます。

今回は大学の先生をはじめ超多忙な方々に大変ご無理を申し上げ，執筆していただきました。“ずいそう”におきましては震災直後から先遣隊として出動し，救援道路の確保から人命救助へとご尽力された自衛隊の中隊長に体験談を披露していただきました。この誌面をお借りし，皆様に心より御礼申し上げます。

（松本・中村）

5月号「ロボット・無人化施工特集」予告

- 災害対応ロボット開発環境への考察と災害対応無人化システム研究開発プロジェクトの紹介
- 大規模災害に迅速に対応可能な無人化施工技術の推進
- 大規模土砂災害に向けた取り組み
- 浦川金山沢における無人化施工の取り組み
- ヘリコプター施工で施工現場を無人化
  富士山大沢崩れ源頭部対策に向けて
- 海上工事における無人化・自動化施工技術
- 建設機械等の遠隔施工と電波利用
- 無人化施工における自動平板載荷試験機の開発
- 無人化施工における無人測量システムの開発
  開発経緯と改良型システムの導入結果
- トンネル内無人飛行船画像伝送
  地下空間・狭隘空間における無人移動体通信技術
- 災害対応ロボットの実用化と課題
- 建設系廃棄物選別システムの開発
  ロボットビジョンを応用した廃棄物判定手法による選別性能検証

No.746「建設の施工企画」
2012年4月号
〔定価〕1部840円（本体800円）
年間購読料9,000円

平成24年4月20日印刷
平成24年4月25日発行（毎月1回25日発行）
編集兼発行人　辻　靖三
印刷所　日本印刷株式会社

発行所　一般社団法人　日本建設機械施工協会
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号　機械振興会館内
電話（03）3433－1501；Fax（03）3432－0289；http://www.jcmanet.or.jp/
施工技術総合研究所─〒417－0801 静岡県富士市大渕3154　電話（0545）35－0212
北海道支部─〒060－0003 札幌市中央区北三条西2－8　電話（011）231－4428
東北支部─〒980－0802 仙台市青葉区二日町16－1　電話（022）222－3915
北陸支部─〒950－0965 新潟市中央区新光町6－1　電話（025）280－0128
中部支部─〒460－0008 名古屋市中区栄4－3－26　電話（052）241－2394
関西支部─〒540－0012 大阪市中央区谷町2－7－4　電話（06）6941－8845
中国支部─〒730－0013 広島市中区八丁堀12－22　電話（082）221－6841
四国支部─〒760－0066 高松市福岡町3－11－22　電話（087）821－8074
九州支部─〒812－0013 福岡市博多区博多駅東2－8－26　電話（092）436－3322